

Voorbeeldig onderwijs : voorbeeldgestuurd onderwijs, een opstap naar abstract denken, vooral voor meisjes

Citation for published version (APA):

Boltjes, E. G. (2004). *Voorbeeldig onderwijs : voorbeeldgestuurd onderwijs, een opstap naar abstract denken, vooral voor meisjes*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Universiteit Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20040513eb>

Document status and date:

Published: 01/01/2004

DOI:

[10.26481/dis.20040513eb](https://doi.org/10.26481/dis.20040513eb)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Download date: 05 May. 2023

Voorbeeld_{IG} Onderwijs

Voorbeeld_{IG} Onderwijs

Voorbeeldgestuurd onderwijs,
een opstap naar abstract denken,
vooral voor meisjes

Elise Boltjes



Voorwoord

Voorbeeld_{IG} Onderwijs

Voorbeeldgestuurd onderwijs,
een opstap naar abstract denken,
vooral voor meisjes

PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Universiteit Maastricht,
op gezag van de Rector Magnificus Prof.mr. G.P.M.F. Mols,
volgens het besluit van het College van Decanen,
in het openbaar te verdedigen
op donderdag 13 mei 2004 om 16:00 uur

door

Elize Geeske Boltjes

Promotoren:

Prof. dr. M.J.H. Meijer

Prof. dr. H.J. van den Herik

Beoordelingscommissie:

Prof. dr. P.A. Kirschner

(voorzitter)

Prof. dr. G.T.M. ten Dam

(Universiteit van Amsterdam)

Prof. dr.ir. J.L.G. Dietz

(Technische Universiteit Delft)

Prof. dr. C.P.M. van der Vleuten

Dr. E. Wesseling



NHL dossier BoE.

Het onderzoek beschreven in dit proefschrift is mede mogelijk gemaakt door de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden.



NWO dossier 612.080.000.

Het onderzoek beschreven in dit proefschrift is mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek.



SIKS Dissertation Series No.2004-7

The research reported in this thesis has been carried out under the auspices of SIKS, the Dutch Research School for Information and Knowledge Systems.

ISBN 90-808618-1-2 www.voorbeeldgestuurdonderwijs.nl



2004 Elise Boltjes, Aldtsjerk

Voorwoord

Het begon op vrijdag 27 maart 1998 in Maastricht tijdens het BITE-congres: 'Bringing Information & Communication Technology in Higher Education'. Ik gaf les op een Hogere Informatica Opleiding (HIO) en ik had grote belangstelling voor het onderwijs. Het onderwerp van dat congres interesseerde me dus, maar de gangbare wijze van presenteren boeide me niet. Tijdens de lunch deelde ik mijn twijfel over de manier waarop de sprekers hun verhaal vertelden met een tafelgenoot: "Ze laten me met een prachtige *powerpoint-presentatie* de grote lijnen zien van hoe je handig, mooi, prachtig op afstand onderwijs kunt geven. Ze vergeten echter dat ik veel gemakkelijker iets begrijp aan de hand van voorbeelden. Met diezelfde laptop kunnen ze net zo goed een programma opstarten en vóórdoen hoe de student zo mooi en vlot op afstand leert. In plaats van me alleen de grote lijnen te vertellen. Dat kan toch met dezelfde apparatuur? In dezelfde tijd? En dan begrijp ik toch veel beter waar het over gaat?" Mijn buurman was het volledig met me eens. Toen hij opstond om een lezing te gaan geven, zei hij ietwat bedremmeld: "Kom maar niet naar mijn lezing luisteren, want ik doe het geen haar beter." Tijdens het gesprek was Jaap van den Herik bij ons tafeltje aangeschoven. Hij was die ochtend dagvoorzitter van het congres geweest en in het programma stond hij aangekondigd als hoogleraar kennistechnologie in Maastricht. Hij opende de conversatie met "Wat een interessant gesprek hadden jullie daarmet." Ik herhaalde de kern van mijn betoog: "We hebben goed werkende informatieanalysemethoden: methoden om de grote lijnen uit informatie te halen om daarmee een computer te laten denken als een mens. Die methoden gaan uit van voorbeelden, dus aan de hand van voorbeelden leren computers denken als een mens. Wij mensen gebruiken die methode zelf echter niet. Dat is toch inefficiënt? Als je iets wilt leren, moet je dat aan de hand van voorbeelden doen. Ik heb heel veel bijlessen natuurkunde gegeven, meestal aan meisjes. Nou ja bijles, *kletsen* over natuurkunde kun je het beter noemen. Pratend over hun ervaringen leren ze inzien dat je aan natuurkunde echt iets hebt. Je moet die onzekere meisjes laten ervaren dat een formule niet moeilijk is, als ze zichzelf maar een voorstelling van die formule maken. We hebben heel wat afgekletst over jongens en roeien..." Al snel hadden Van den Herik en ik door dat de oud-bijlesleerlinge die ik voor ogen had bij dit verhaal, samen roeide met zijn dochter: het ijs was gebroken. Aan het eind van het gesprek bood hij me een tijdelijke baan aan bij de Universiteit Maastricht die kon uitmonden in een promotie om mijn ideeën uit te werken. Dat aanbod klonk goed, maar ik vertelde dat ik me had voorgenomen om van het leven in mijn nieuwe huis in Aldtsjerk te gaan genieten. Ik bedankte voor de eer op zijn aanbod in te gaan.

Een week na de ontmoeting met Van den Herik zat ik 's ochtends in de personeelskamer van het Instituut Techniek van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden een kopje koffie te drinken. Een collega vertelde me dat ik bij de nieuwe kamerindeling niet meer bij mijn vakcollega's op één kamer zou zitten,

maar op een kamer met alleen vrouwen. "Daar gaan we weer," dacht ik, "het lijkt wel of mannen vinden dat vrouwen niet in de techniek thuishoren. Als je met een collega hetzelfde vak geeft, is het toch handig op je kamer informeel over de lessen te kunnen praten? Dan is het toch niet van belang of die collega een man is of een vrouw," vond ik. Een paar dagen later had ik een gesprek met degene die verantwoordelijk was voor de nieuwe kamerindeling. Ik vertelde hem waar het mij om ging: "ik wil op deze technische school gerespecteerd worden als professioneel vakdocent. Daarbij is het volstrekt irrelevant of ik een man ben of een vrouw." Uiteraard had hij wel respect voor me als vakdocent, verzekerde hij me. Voor mij was het echter te laat: ik wilde niet in een uitzonderingspositie gebracht worden als vrouwelijk vakdocent en om respect hoeven vragen. Door het aanbod promotieonderzoek te gaan doen, had ik het gevoel dat ik dit respect in Maastricht wel kreeg. Op mijn vraag of de school in principe bereid was een bijdrage te leveren om een docent te kunnen laten promoveren was het antwoord "Ja". Door deze impuls besloot ik toch een poging te wagen om mijn ideeën in een onderzoek uit te gaan werken: leren vanuit voorbeelden spreekt meisjes aan, zeker bij vakken die gebruikt worden in de techniek.

Die avond verstuurde ik een e-mail naar Van den Herik met de vraag of ik aan de hand van de volgende twee beweringen promotieonderzoek bij hem zou kunnen doen: 'Een informatieanalysemethode is een leermethode' en 'Als het vak natuurkunde wordt gegeven op een manier dat het meisjes aanspreekt, spreekt het jongens ook aan; andersom geldt dit niet'. Hij kon als hoogleraar informatica voor de begeleiding van de eerste bewering de verantwoording dragen, omdat deze nog ten dele binnen zijn vakgebied lag. Voor de tweede bewering vroeg hij de juist aangestelde hoogleraar van studies naar gender & diversiteit, Maaïke Meijer. Tijdens een kennismakingsgesprek sloeg mijn enthousiasme over. En zo is het begonnen.

Tijdens dit onderzoek heb ik een informatieanalysemethode geherformuleerd tot onderwijsmethode. Deze methode werkt aan de hand van voorbeelden, vandaar de kern van de titel 'Voorbeeld Onderwijs'. Aan de hand van voorbeelden vind je, door het uitvoeren van het stappenplan, de grote lijnen. De grote lijnen worden *Informatie Grammatica* genoemd, afgekort *IG*. De essentie van het 'Voorbeeld Onderwijs' is dat je de grote lijnen, dus *IG*, beter begrijpt als je leert aan de hand van voorbeelden, vandaar de volledige titel 'Voorbeeld_{IG} Onderwijs'. Kun je goed met grote lijnen - of formules - omgaan, dan vindt men dat je abstract kunt denken. Vandaar de ondertitel: 'Voorbeeldgestuurd onderwijs, een opstap naar abstract denken, vooral voor meisjes'. Waarom vooral voor meisjes? Omdat dit mijn stellige overtuiging is die berust op eigen ervaring. Sinds 1984 heb ik een groot aantal tumoren gehad. Daarna heb ik vele cursussen gevolgd om op een rijtje te krijgen waarom ik die tumoren steeds kreeg. Na een aantal cursussen gevolgd te hebben, had ik het gevoel dat ik beter was. Een heel bijzonder gevoel. Als mens had ik er moeite mee dat mij als meisje werd afgeraden natuurkunde te studeren. Dat gaf me het gevoel dat *man/vrouw* en *cognitie/gevoel* binaire opposities waren die twee aan twee bij elkaar hoorden en waartussen ik moest kiezen. Als vrouw mocht ik dus geen exact vak als natuurkunde studeren, laat staan dat ik het gevoel mocht hebben dat natuurkunde leuk was. Als kankerpatiënt had ik er moeite mee om te kiezen tussen *beter/ziek* en *zeker/onzeker*. Als je als kankerpatiënt zeker wilt

weten dat je beter bent, blijf je ziek. Door het accepteren van de onzekerheid voel je je beter. Pas na het loslaten van het moeten kiezen tussen binaire opposities merkte ik de kracht van het samenwerken; dat gold voor de oppositie beter/ziek en evengoed voor de opposities man/vrouw en cognitie/gevoel. Ik voelde me beter op twee verschillende manieren: beter als kankerpatiënt en beter als mens.

Voorbeeld_{IG} Onderwijs komt geloofwaardiger over en biedt meer zekerheid, omdat het uitgaat van de onzekerheid van de leerling. In dit onderzoek toon ik aan dat meisjes zich daar beter bij voelen. En jongens ook.

Elise Boltjes
Aldtsjerk, 2004

Probleem: Wanneer mag je "de alle kennis blijft maar" roepen in de lesruimte? Wanneer is een leerling nog in een ontdekkingsfase? Wanneer is een leerling nog in een ontdekkingsfase? Wanneer is een leerling nog in een ontdekkingsfase?

Oplossing: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Evaluatie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Conclusie: Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte. Het is niet mogelijk om te zeggen dat je de alle kennis blijft maar roepen in de lesruimte.

Verantwoording

Iedereen die op enigerlei wijze iets heeft bijgedragen aan dit onderzoek wil ik graag bedanken. Hieronder geef ik een aantal voorbeelden van opmerkingen die hebben bijgedragen tot de totstandkoming van dit proefschrift:

Promotor Jaap van den Herik: "In Maastricht ben je welkom om jouw 'idee van een oude gek' te onderzoeken."

Promotor Maaïke Meijer: "Jij als vrouw blijft maar zoeken in de literatuur. Mannen zouden trots zijn op een origineel idee. Schrijf nou eens op wat je zelf vindt!"

Collega Dick Bruin: "Als jij een lesmethode ontwikkelt die je docenten gemakkelijk kunt aanleren, dan heb je daar wat aan."

Leerlingen en studenten: "Moeten we alweer zo'n evaluatieformulier invullen? Wanneer krijgen we de resultaten van al die data?"

Docent Klaas Kalma: "Wat een natuurlijke lesmethode. Dat ga ik in andere cursussen die ik geef ook verwerken."

Collega docent Jan van der Wal: "Dit is leuk! Hier heb ik in het dagelijks leven ook wat aan."

Leraar natuurkunde Gerben van Hes: "Ik geef de laatste tijd met meer plezier les. Minder formalistisch en meer op mijn gevoel."

VVAO afdeling Friesland: "Bedankt voor je boeiende en heldere inleiding over je onderzoek tijdens ons lustrumcongres."

Netwerk Vrouwen in de Natuurwetenschappen 'Caroline Bleeker': "Wij leven met je mee. Ook wij zijn hier mee bezig."

Zontian en eindredacteur NVOX Marianne Offereins: "Je weet, als je wilt dat ik het een keer (of meer) doorlees om het van commentaar te voorzien, heb je het maar te sturen."

Violist Daan de Boer: "I'm pleased to help you with your English."

Muzikanten van Salonorkest Sinnema: "Dat cellospel van jou klinkt al aardig als beginnend cellist: jij bent een snelle leerling."

Contrabasleraar Jan van Domburg: "In de toonladder die je speelde kon ik horen dat je je als kankerpatiënt beter voelde. Je doet nog wel eens wat met het boek dat je over die ervaring schreef."

Buren: "Tik, tik," tegen het raam, "Kom buorfrou, kom mei in eintsje te kuierjen; do sitst al fierste lang efter de kompjûter."

Vrienden: "We hebben al een poos niets van je gehoord. Wanneer kom je eten? Dan kunnen we bijpraten."

Oud-buurman en emeritus hoogleraar Franke Prop: "Zo te horen onderzoek je een eigen idee met een bijbehorende aanpak: de oorspronkelijke wijze van promoveren."

Mijn moeder: "Leren vanuit voorbeelden en vanuit de onzekerheid? Uiteraard: zo ben je toch ook opgevoed?!"

Mijn vader: "Boltjes, onderwijs sinds 1880."

Inhoudsopgave

| | |
|---|-----------|
| Voorwoord..... | i |
| Verantwoording..... | v |
| Inhoudsopgave..... | vii |
| 1 Inleiding aan de hand van eigen ervaringen | 3 |
| 1.1 Ervaringen als leerling van de lagere school | 3 |
| 1.2 Ervaringen als leerling natuurkunde..... | 4 |
| 1.3 Ervaringen als student op de lerarenopleiding | 4 |
| 1.4 Ervaringen als leraar natuurkunde | 5 |
| 1.5 Ervaringen als universitair student natuurkunde | 6 |
| 1.6 Ervaringen als docent op het Instituut Techniek | 7 |
| 1.7 Ervaringen als docent informatieanalyse in opleiding..... | 8 |
| 1.8 Ervaringen als onderzoeker | 9 |
| 1.9 Ervaringen als toehoorder van presentaties | 10 |
| 1.10 Conclusies uit eigen ervaringen voor de vraagstelling | 11 |
| 1.11 De vragen voor het onderzoek..... | 12 |
| 2 De brug in Aldtsjerk is Voorbeeld_{IG} | 13 |
| 2.1 Baken het gebied af waarnaar je kijkt | 13 |
| 2.2 Geef een relevant voorbeeld..... | 14 |
| 2.3 Verwoord de informatie | 15 |
| 2.4 Koppel het voorbeeld aan de verwoording..... | 15 |
| 2.5 Geef de grote lijnen weer | 16 |
| 2.6 Geef minstens twee relevante voorbeelden | 17 |
| 2.7 Zoek overeenkomsten en verschillen | 17 |
| 2.8 Plaats de grote lijnen in de ervaringswereld | 18 |
| 2.9 Op weg naar een denkniveau hoger..... | 18 |
| 2.10 De drielagen-structuur | 19 |
| 2.10.1 De onderste laag: de feiten | 19 |
| 2.10.2 De middelste laag: de grote lijnen | 20 |
| 2.10.3 De bovenste laag: de samenhang van de grote lijnen | 21 |
| 2.10.4 Goede informatieoverdracht gebruikt alle drie de lagen | 21 |
| 2.11 De vraagstelling van het onderzoek | 24 |
| 3 De grote opstap voor meisjes in het onderwijs..... | 27 |
| 3.1 Mijn eigen ervaringen als docent aan het Instituut Techniek | 27 |
| 3.2 Huidig onderwijsbeleid en vragen voor de toekomst | 29 |
| 3.2.1 Aantallen techniekstudenten in Nederland | 30 |
| 3.2.2 Overheidsbeleid voor techniekonderwijs | 32 |
| 3.2.3 Onderwijsmancipatiebeleid | 34 |
| 3.2.4 Overheid kiest voor een kenniseconomie zonder β -kennis | 35 |
| 3.2.5 Het nieuwe leren in een veranderende samenleving..... | 38 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3 | Genderspecifieke ingrediënten in het onderwijs | 41 |
| 3.3.1 | Diversiteit per sekse is groter dan sekseverschil | 41 |
| 3.3.2 | Gebruik van de contextrijke ervaringswereld | 42 |
| 3.3.3 | Diversiteit aan leerstijlen | 43 |
| 3.3.4 | Laag zelfbeeld van meisjes bij exacte vakken | 46 |
| 3.4 | De inductieve denktrant is geloofwaardig voor de leerling | 49 |
| 3.4.1 | Deductief denkniveau | 49 |
| 3.4.2 | Inductief onderwijsproces | 50 |
| 3.4.3 | Deductieve versus inductieve denktrant | 51 |
| 3.4.4 | Anti-didactische inversie in de algemene didactiek | 53 |
| 3.4.5 | Denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs | 54 |
| 3.5 | Voorbeeldgestuurd onderwijs benut de onzekerheid | 55 |
| 3.5.1 | Verschil in socialisatie belangrijker dan verschil in sekse | 55 |
| 3.5.2 | Voorbeeldgestuurd onderwijs egaliseert verschil in socialisatie | 58 |
| 3.5.3 | Voorbeeldgestuurd onderwijs als opstap naar abstract denken | 59 |
| 3.5.4 | Meisjes ervaren een grotere opstap dan jongens | 61 |
| 3.6 | De uitgebreide vraagstelling | 62 |
| 3.7 | Overzicht van het verrichte onderzoek | 63 |
| 4 | Voorbeeldgestuurd leren in theorie | 65 |
| 4.1 | Stap 1: baken het gebied af waarnaar je kijkt | 66 |
| 4.1.1 | Voorbeelden van stap 1 | 66 |
| 4.1.2 | Leren aan de hand van contextrijke voorstellingen | 67 |
| 4.2 | Stap 2: verzamel relevante voorbeelden | 69 |
| 4.2.1 | Voorbeelden van stap 2 | 69 |
| 4.2.2 | Leren door het optimaal benutten van de voorkennis | 70 |
| 4.3 | Stap 3: verwoord de voorbeelden | 71 |
| 4.3.1 | Voorbeelden van stap 3 | 71 |
| 4.3.2 | Leren door een verwoording van de leerling zelf | 72 |
| 4.4 | Stap 4: maak de kleinste zinnen van de verwoording | 73 |
| 4.4.1 | Voorbeelden van stap 4 | 74 |
| 4.4.2 | Opsplitsen van informatie in de kleinst mogelijke zinnen | 75 |
| 4.5 | Stap 5: geef de grote lijnen en de begrippen weer | 76 |
| 4.5.1 | Voorbeelden van stap 5 | 76 |
| 4.5.2 | Aangeven van structuur met grote lijnen en begrippen | 77 |
| 4.6 | Stap 6: teken de informatiegrammatica met de voorbeelden | 78 |
| 4.6.1 | Voorbeelden van stap 6 | 78 |
| 4.6.2 | Samenvatten tot de informatiegrammatica | 80 |
| 4.7 | Stap 7: zoek overeenkomsten en verschillen | 81 |
| 4.7.1 | Voorbeelden van stap 7 | 81 |
| 4.7.2 | Opstap naar goed benutten van de eigen intelligentie | 84 |
| 4.7.3 | Gezellig leren tijdens de verduidelijkingsdialoog | 85 |
| 4.8 | Stap 8: plaats de grote lijnen in de ervaringswereld | 86 |
| 4.8.1 | Voorbeelden van stap 8 | 87 |
| 4.8.2 | Zorgen voor transfer van voorkennis | 87 |
| 4.9 | Ervaringsleren aan de hand van een stappenplan | 90 |
| 4.9.1 | Leren aan de hand van ervaringen | 90 |
| 4.9.2 | Uitvoeren van stappenplan is een effectieve leerstrategie | 91 |
| 4.9.3 | Aansluiten bij diversiteit aan leerstijlen | 92 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5 | Voorbeeldgestuurd leren in de praktijk..... | 95 |
| 5.1 | Snel leren cellospelen omdat je goed kunt roeien | 95 |
| 5.1.1 | Verwoording van het roeien | 96 |
| 5.1.2 | Verwoording van het cellospelen | 96 |
| 5.1.3 | Overeenkomsten tussen roeien en cellospelen | 97 |
| 5.1.4 | Verschillen tussen roeien en cellospelen | 99 |
| 5.2 | Onzeker zijn van de meisjes bij het vak natuurkunde | 100 |
| 5.2.1 | Meisjes gedragen zich socialer in de klas..... | 101 |
| 5.2.2 | Meisjes zijn onzekerder in hun onzekerheid | 103 |
| 5.2.3 | Meisjes leren via andere voorbeelden dan jongens | 105 |
| 5.2.4 | Meisjes benutten hun ervaring bij natuurkunde niet..... | 107 |
| 5.3 | Uitvoeren stappenplan opstap oplossen intelligentietest: een toets | 108 |
| 5.3.1 | Gegeven antwoorden | 109 |
| 5.3.2 | Gebruikte oplossingsstrategieën | 110 |
| 5.3.3 | Wijzigingen in de oplossingsstrategieën | 111 |
| 5.3.4 | Opmerkingen van de studenten | 112 |
| 5.4 | Leren vervoegen van werkwoorden: een toets | 113 |
| 5.4.1 | De gegeven werkwoordsvormen uit het boek | 114 |
| 5.4.2 | De analyse van het vervoegen van werkwoordsvormen..... | 115 |
| 5.4.3 | Het dictee nader bekeken..... | 117 |
| 5.4.4 | Het gemiddeld aantal gemaakte fouten | 119 |
| 6 | Voorbeeldgestuurd lesgeven in theorie..... | 121 |
| 6.1 | Eigen ervaringen met lesgeven..... | 121 |
| 6.2 | Een voorbeeld van lesgeven volgens informatieanalyse | 123 |
| 6.2.1 | Stap 1: baken het gebied waarnaar je kijkt af..... | 124 |
| 6.2.2 | Stap 2: geef een relevant voorbeeld..... | 125 |
| 6.2.3 | Stap 3: koppel de voorbeelden aan de grote lijnen | 127 |
| 6.2.4 | Stap 4: geef de grote lijnen met de begrippen weer..... | 128 |
| 6.2.5 | Stap 5: geef minstens twee relevante voorbeelden | 129 |
| 6.2.6 | Stap 6: zoek overeenkomsten en verschillen | 132 |
| 6.2.7 | Stap 7: plaats de grote lijnen in de ervaringswereld | 134 |
| 6.2.8 | Het verschil tussen de leer- en lesmethode..... | 135 |
| 6.3 | De bekwaamheid van leraren | 137 |
| 6.3.1 | Kwaliteitszorg in het onderwijs..... | 137 |
| 6.3.2 | Competenties voor leraarsbekwaamheid | 138 |
| 6.3.3 | Aanbevolen didactische activiteiten in de basisvorming | 139 |
| 6.4 | Pedagogisch en didactisch handelen | 140 |
| 6.4.1 | Gebruik van de aanbevelingen van de overheid | 140 |
| 6.4.2 | Didactisch handelen in de praktijk volgens de overheid | 141 |
| 6.4.3 | Beschrijving van het ideaalbeeld van didactisch handelen..... | 143 |
| 6.5 | Centrale rol van de docent bij het lesgeven..... | 144 |
| 6.5.1 | Genderafhankelijke interactie tussen leraar en leerlingen | 144 |
| 6.5.2 | Stappenplan geeft de leraar een gevoel van competentie | 146 |
| 6.5.3 | Ordeverstoringen ombuigen naar spontaan leren | 147 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.6 | Overzicht van probleemgestuurd onderwijs (PGO) | 148 |
| 6.6.1 | Historie van probleemgestuurd onderwijs | 149 |
| 6.6.2 | Processen van probleemgestuurd onderwijs | 150 |
| 6.6.3 | Praktijk van probleemgestuurd onderwijs | 151 |
| 6.7 | Overeenkomsten tussen voorbeeldgestuurd onderwijs en PGO | 151 |
| 6.7.1 | Sprong 1: verhelder onduidelijke begrippen | 152 |
| 6.7.2 | Sprong 2: definieer het probleem | 152 |
| 6.7.3 | Sprong 3: analyseer het probleem | 153 |
| 6.7.4 | Sprong 4: diep samenhangende ideeën systematisch uit. | 153 |
| 6.7.5 | Sprong 5: formuleer leerdoelen | 154 |
| 6.7.6 | Sprong 6: bestudeer zelfstandig de stof | 154 |
| 6.7.7 | Sprong 7: rapporteer en integreer de nieuwe informatie. | 155 |
| 6.8 | Verschillen tussen voorbeeldgestuurd onderwijs en PGO | 155 |
| 6.8.1 | Leren als constructief proces | 156 |
| 6.8.2 | Leren in de context | 157 |
| 6.8.3 | Leren door intrinsieke motivatie | 158 |
| 6.8.4 | Leren met behulp van metacognitieve processen | 160 |
| 7 | Voorbeeldgestuurd lesgeven in de praktijk | 161 |
| 7.1 | Een pilotstudie | 161 |
| 7.1.1 | Het gebruikte evaluatieformulier | 161 |
| 7.1.2 | De manier waarop de resultaten worden gepresenteerd | 162 |
| 7.1.3 | Het vergelijken van dezelfde les aan verschillende groepen | 164 |
| 7.1.4 | Het leereffect bij een les beginnend met een voorbeeld | 166 |
| 7.2 | Leren voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO | 168 |
| 7.2.1 | Traditioneel lesgeven door een ervaren docent | 169 |
| 7.2.2 | Starten met een voorbeeld | 170 |
| 7.2.3 | Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen | 172 |
| 7.2.4 | Grote lijnen weergeven | 175 |
| 7.2.5 | Meisjes leren vanuit voorbeelden | 176 |
| 7.2.6 | Anti-didactische inversie: 'van achteren naar voren' | 180 |
| 7.2.7 | Jongens leren ook graag voorbeeldgestuurd | 182 |
| 7.2.8 | Aandachtspunten bij leren voorbeeldgestuurd lesgeven | 184 |
| 7.3 | Effect van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3 | 186 |
| 7.3.1 | Traditioneel lesgeven door een ervaren leraar | 187 |
| 7.3.2 | Uitgaan van de onzekerheid van de leerling | 189 |
| 7.3.3 | Anti-didactische inversie | 191 |
| 7.3.4 | Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen | 195 |
| 7.3.5 | Plaats de grote lijnen in de ervaringswereld | 199 |
| 7.3.6 | Interactie tijdens de lessen | 201 |
| 8 | Evaluatie van de resultaten van het veldwerk | 205 |
| 8.1 | Evaluatie van resultaten veldwerk van de leermethode | 205 |
| 8.1.1 | Snel leren cellospelen omdat je goed kunt roeien | 205 |
| 8.1.2 | Onzekere meisjes bij het vak natuurkunde | 206 |
| 8.1.3 | Uitvoeren stappenplan als opstap naar oplossen intelligentietest | 207 |
| 8.1.4 | Leren vervoegen van werkwoorden | 208 |
| 8.1.5 | Conclusies voorbeeldgestuurd leren | 208 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 8.2 | Evaluatie van voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO | 209 |
| 8.2.1 | Leren voorbeeldgestuurd les te geven | 209 |
| 8.2.2 | Meisjes leren vanuit voorbeelden | 210 |
| 8.2.3 | Jongens leren ook graag voorbeeldgestuurd | 211 |
| 8.2.4 | Conclusies voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO | 211 |
| 8.3 | Evaluatie van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3 | 212 |
| 8.3.1 | Uitgaan van de onzekerheid van de leerling | 212 |
| 8.3.2 | Anti-didactische inversie | 213 |
| 8.3.3 | Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen | 213 |
| 8.3.4 | Plaats de grote lijnen in de ervaringswereld | 214 |
| 8.3.5 | Spontane reacties van meisjes tijdens de lessen | 215 |
| 8.3.6 | Evaluatie door een leraar | 215 |
| 8.3.7 | Conclusies voorbeeldgestuurd lesgeven op de HAVO | 216 |
| 9 | Conclusies en aanbevelingen | 217 |
| 9.1 | Bespreking kernvragen | 217 |
| 9.1.1 | Voorbeeldgestuurd onderwijs als leer- en lesmethode | 217 |
| 9.1.2 | Voorbeeldgestuurd onderwijs als universele methode | 218 |
| 9.1.3 | De nieuwe didactiek spreekt meisjes aan | 219 |
| 9.1.4 | De nieuwe didactiek spreekt ook jongens aan | 220 |
| 9.2 | Bespreking van onderzoeksvragen, probleemstelling en doelstelling | 221 |
| 9.2.1 | Voorbeeldgestuurd leren is een adequate leermethode | 221 |
| 9.2.2 | Voorbeeldgestuurd leren is een adequate lesmethode | 221 |
| 9.2.3 | Voorbeeldgestuurd onderwijs sluit beter aan | 222 |
| 9.2.4 | De probleemstelling en het voorbeeldgestuurd onderwijs | 222 |
| 9.2.5 | De doelstelling en het voorbeeldgestuurd onderwijs | 223 |
| 9.3 | Aanbevelingen | 223 |
| 9.3.1 | Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd leren | 223 |
| 9.3.2 | Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd lesgeven | 224 |
| 9.3.3 | Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd onderwijs | 225 |
| 9.3.4 | Algemene aanbevelingen | 225 |
| | Referenties | 227 |
| | Appendices | 233 |
| | Lijst van afkortingen | 235 |
| | Index | 237 |
| | Samenvatting | 241 |
| | Summary | 245 |
| | Curriculum Vitae | 249 |
| | SIKS Dissertatiereeks | 251 |

1 Inleiding aan de hand van eigen ervaringen

Er zijn weinig meisjes die exacte vakken kiezen. Dat ligt volgens mij niet aan de meisjes, maar aan de gangbare manier van leren en lesgeven. Pas na een lang leertraject ben ik zelf als vrouw natuurkunde gaan studeren. Later herkende ik als docente informatica mijn manier van leren en lesgeven in een informaticaanalysemethode die computers kunstmatig intelligent maakt, ofwel die computers leert denken als een mens. Deze informaticaanalysemethode zou dus een goede leer- en lesmethode kunnen zijn, mogelijk één die vooral meisjes aanspreekt. Dit idee komt geheel voort uit eigen ervaringen, maar blijkt ook steun te vinden bij de genderkritische leerpsychologie en de onderwijsdidactiek. Volgens Bahle (1936) is het een oude en beproefde werkwijze om aan de hand van eigen ervaringen een onderzoeksvraag te formuleren. Daarom behandel ik als inleiding mijn eigen negen belangrijkste ervaringen bij het leren en het lesgeven.

1.1 Ervaringen als leerling van de lagere school

Het zal in de derde of vierde klas van de lagere school geweest zijn (nu groep vijf of zes van de basisschool) dat op een ochtend de juf de klas verliet. Op zichzelf gebeurde dat wel vaker, dus zo bijzonder was dat niet. Ik zat op een Montessorischool waar iedere leerling individueel aan het werk was en we werkten zonder juf gewoon door. Maar het bijzondere van die keer was dat de juf met mijn breukenboekje de klas uitliep. Wat zou ze gaan doen met mijn breukenboekje? In dat boekje had ik een heleboel sommen gemaakt met breuken. Breuken vond ik helemaal niet moeilijk, want ik tekende ze altijd. Hele taarten, halve taarten of $\frac{1}{6}$ taart: dat was 1 taart die je met 6 mensen moest verdelen. Dan krijg je niet zo'n groot stuk als dat je een hele taart met vier mensen moest verdelen. Mijn ervaring was dat als je zo een aantal keer als hulp taarten had getekend de breuksommen steeds gemakkelijker werden. Na een poosje behoefde je geen taarten meer te tekenen, dat deed je dan wel in je hoofd.

Later hoorde ik van mijn moeder dat de juf mijn breukenboekje aan het hoofd van de school wilde laten zien, omdat ze het zo bijzonder vond dat ik zo snel en goed de breuken kon maken. Maar volgens mij konden de andere kinderen dat ook. Als juf het soms te druk had stuurde ze leerlingen met vragen naar mij om de sommen uit te leggen. Dan tekende ik samen met hen weer die taarten. Door de taarten hadden mijn medeleerlingen ook geen moeite met breuken. Mijn ervaring van toen was dat je, door het maken van een mentale voorstelling met behulp van concrete relevante voorbeelden, moeilijke zaken gemakkelijk kon maken.

1.2 Ervaringen als leerling natuurkunde

Op de HBS-B werd ik getest welke studie ik zou kunnen gaan volgen na het behalen van mijn eindexamen. Uit die test kwam naar voren dat een studie Technische Natuurkunde goed bij mij zou passen. Mijn leraar van de middelbare school zei in 1971, na het horen van deze mogelijke keuze, dat natuurkunde geen studie voor een meisje was. Daar ik de mening van deze man voor waar aannam, zorgde ik dat ik een 5 op mijn eindexamen haalde voor het vak natuurkunde. Niemand opperde daarna nog dat ik natuurkunde moest gaan studeren en zonder ruzie koos ik voor medicijnen. Mijn ervaring is dat meisjes geen natuurkunde mochten studeren. Waarom? Omdat ze meisjes waren. Uiteraard begrijp je dat als tiener niet.

Tijdens de medische studie heb ik leuk geroeid, maar ik houd niet van bloed en ik houd niet van uit mijn hoofd leren. Dus de studie was gedoemd te mislukken. Mijn vader opperde dat ik toch maar natuurkunde moest gaan studeren. Dat vond ik geen goed idee. "Durf je niet?", vroeg hij. "Natuurlijk wel", antwoordde ik. Ik weet niet of ik toen de waarheid sprak.

Daar ik uit een onderwijsgezin kom, of beter gezegd uit een onderwijsfamilie, was de keuze voor een volgende studie op aanraden van mijn moeder snel gemaakt. Na twee jaar roeien als medisch student zou ik naar de lerarenopleiding gaan.

1.3 Ervaringen als student op de lerarenopleiding

Op de lerarenopleiding schreef ik me in voor de vakken natuurkunde en wiskunde. In mijn groep met natuurkundestudenten zaten ruim twintig studenten en ik was de enige vrouw. Bij de uitslag van het eerste tentamen had bijna iedereen onvoldoende, alleen ik had een negen. Dat had ik wellicht beter niet kunnen doen, maar het leed was al geschied. Mijn medestudenten maakten me uit voor 'een haan in een kippenhok'. Het gevoel dat ik als vrouw bij de groep hoorde, kreeg ik er niet echt door: vrouwen behoren niet goed te zijn in exacte vakken.

In het tweede jaar moest je kiezen welk vak je als hoofdvak zou nemen. Ik dacht aan natuurkunde, met wiskunde als bijvak. Maar ik had buiten de hoofddocent natuurkunde gerekend. Hij vond een studie natuurkunde niets voor een meisje, ik kon beter wiskunde als hoofdvak kiezen. We leefden inmiddels in het jaar negentienhonderddrie-en-zeventig en ik deed weer braaf wat me gezegd werd. Echt lekker zat het me niet, maar dit keer wilde ik toch echt afstuderen.

1.4 Ervaringen als lerares natuurkunde

Als lerares wis- en natuurkunde heb ik vervolgens lesgegeven aan het Ubbo Emmius lyceum in Stadskanaal. Daar viel mij op dat als je natuurkunde geeft op een manier die meisjes aanspreekt, jongens het ook leuk vinden, maar dat het andersom niet geldt. Een opmerkelijk fenomeen, toch kostte het me geen moeite het onderwijs daaraan aan te passen.

Aangezien ik van mijn mannelijke mede-natuurkundedocenten niets aan het onderwijs mocht veranderen - de reden daarvoor was dat ik als tweedegraads docent geen les mocht geven aan de eindexamenklassen - wilde ik mijn vaste aanstelling opzeggen om op m'n bijna dertigste toch nog natuurkunde te gaan studeren. Een aantal mensen waarschuwde me dat mijn pensioenopbouw zou stagneren en dat het dus heel onverstandig zou zijn voor later. Ik zou beter onbetaald verlof kunnen vragen en zo in dienst blijven om geen pensioengat te krijgen. De handgeschreven brief die ik naar het bestuur stuurde luidde als volgt:

Aan het bestuur voor

*Chr. voorbereidend wetenschappelijk
en hoger algemeenvormend onderwijs
te Stadskanaal*

Musselkanaal, 7 april 1981

Geacht Bestuur,

Gaarne zou ik u willen verzoeken mij per 1 september 1981 lang buitengewoon verlof zonder behoud van bezoldiging te willen verlenen. Dit verzoek doe ik u om een vervolgstudie natuurkunde te kunnen beginnen.

De hoofdreden om deze studie te beginnen is een mengeling van de volgende twee motieven:

Het aantal leerlingen dat natuurkunde in het pakket kiest is laag. De oorzaak hiervoor ligt waarschijnlijk voor een groot deel bij de wijze waarop natuurkunde in de onderbouw wordt gebracht. Het spreekt de leerlingen onvoldoende aan. Een probleem daarbij is uiteraard dat de natuurkunde die in de onderbouw wordt gegeven van tweeërlei aard dient te zijn: eindonderwijs en onderwijs opleidend tot het eindexamen. Op dit moment heb ik als 2^{de} graads leraar alleen leservaring in de onderbouw. Daardoor durf ik niet de verantwoording op me te nemen het natuurkundeonderwijs in de onderbouw op naar mijn idee noodzakelijk ingrijpende wijze te veranderen om het vak beter aan te laten spreken, daar ik niet kan overzien wat het gevolg daarvan zal zijn voor de leerlingen die er eindexamen in gaan doen. De enige manier om daar wat aan te doen en om wel die verantwoording te durven dragen, is het verkrijgen van leservaring in de bovenbouw. Hiervoor is een 1^{ste} graadsbevoegdheid noodzakelijk, vandaar dat ik dan ook een vervolgstudie wil gaan beginnen. Op de huidige voet doorgaan zal uiteindelijk zeer tegen mijn gevoel indruisen.

Het tweede motief is meer van emancipatorische aard: het aantal meisjes dat natuurkunde in het pakket kiest is opmerkelijk laag. Ik geloof dat je als vrouw

dichter bij dit probleem staat en wellicht ook eerder in staat bent de goede weg te vinden om tot een oplossing voor dit probleem te komen. Vooral ook daar ik deze studieadvisering naar seks zelf heb meegemaakt. Uiteraard zijn er maatschappelijke factoren die bij deze pakket- en studiekeuze een zeer grote rol spelen. Toch ben ik ervan overtuigd dat het aantal meisjes dat eindexamen doet in het vak natuurkunde kan worden verhoogd door het natuurkundeonderwijs te veranderen. Opnieuw weet ik niet hoe, maar ik heb de hoop tijdens mijn vervolgstudie naar de weg tot een mogelijke oplossing te kunnen zoeken, of na deze studie, met ervaring in de bovenbouw, dit probleem beter te kunnen doorgronden.

Uiteraard ben ik van harte bereid mijn verzoek verder mondeling toe te lichten,
met vriendelijke groeten,

Elise Boltjes

Zelfs zonder mondelinge toelichting kreeg ik van het bestuur een jaar lang buitengewoon verlof zonder behoud van bezoldiging. Daar ik echter niets ging verdienen, zou ik geen geld hebben om het pensioengedeelte door te betalen. Vandaar dat ik later om eervol ontslag heb gevraagd en gekregen. Bij mijn afscheid als lerares zongen mijn collega's een lied waarvan de laatste strofe luidde:

Afscheidslied

melodie: mijn oude opa zit voor het raam

*Droogt nu de wangen, pink weg die traan
Zonder Elise, moet het ook gaan
Wie weet, na jaren, krijgen wij raad
Van de kollega, die ons verlaat.*

Eigenlijk durfde ik niet de vaste aanstelling als lerares op te zeggen om mijn idealen achter na te gaan. Maar ik kreeg het gevoel dat zowel het bestuur, door mij lang buitengewoon verlof te willen verlenen, als mijn collega's, die verwachtten dat ik hen ooit raad zou komen geven, me serieus namen en alle vertrouwen hadden in een goede afloop van het avontuur dat ik begon. Dus liet ik alle zekerheden achter me en ging ik toch nog proberen om natuurkunde te studeren. Daarvoor ging ik naar Utrecht, want ik had veel vertrouwen in de hoogleraar vakdidactiek natuurkunde, Professor Hooymayers.

1.5 Ervaringen als universitair student natuurkunde

Toen ik zonder inkomsten en te oud voor een studiebeurs de studie natuurkunde aan de Universiteit Utrecht begon, had ik met mezelf afgesproken het een jaar te proberen. Zou het niet lukken, dan had ik na een jaar een studieschuld die nog te overzien was. Het eerste jaar was dus: erop of eronder. In dat eerste jaar hoorde ik tijdens een telefoongesprek met mijn moeder in haar stem angst doorklinken. Ze

had zo gehoopt dat ik zou studeren en nu hoorde ze alweer dat ik nog in bed lag. "Ja maar ik lig te werken in bed!", was mijn verweer. Ik weigerde formules uit mijn hoofd te leren. In bed liggend, trachtte ik mij een voorstelling te maken van wat er precies gebeurde tijdens de afleiding van een formule. Het dictaat met de afleiding lag op de grond naast het bed. Waar ging de afleiding van de formule heen en waar was de formule uiteindelijk handig voor? Het werden dus plaatjes of filmpjes die ik me voorstelde. Daarbij was het verrassende dat ik soms dezelfde filmpjes bij een ander natuurkundig onderwerp opnieuw kon gebruiken. Want of er nu water, lucht, of een aantal elektronen stroomt, dat maakt nauwelijks verschil. Waren er wel verschillen, dan leerde je daar juist veel van. Liggend in bed maakte ik me dus mentale voorstellingen. Achteraf is de studie op deze manier vlot verlopen. Zeker als je de tijd meerekent die ik heb besteed aan het bestrijden van een ziekte en een halve baan om mijn brood te verdienen.

1.6 Ervaringen als docent op het Instituut Techniek

Na afloop van de studie begon ik als docent informatica aan de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden. In deze functie aan het Instituut Techniek verbaasde ik me ieder jaar weer over het geringe aantal meisjes dat voor deze opleiding koos. Eén meisje op de honderd eerstejaars studenten was in die jaren het gemiddelde. Er waren collega's die de schuld van dat lage aantal meisjes toeschreven aan de drempelige ingang van het Techniekgebouw. Andere collega's opperden dat dit lage aantal meisjes kwam door de uitstraling van een mannenbolwerk van 'de HTS', zoals het Instituut Techniek in de omgeving bekend stond. Veel collega's verbaasden zich er gelukkig over dat er zo weinig vrouwen rondliepen.

Een mannelijke student, die bij mij een natuurkundecursus volgde, verkondigde als reden voor het geringe aantal vrouwelijke studenten: "Jongens kunnen beter natuurkunde omdat ze asociaal zijn. Meisjes zijn veel preciezer; ook wat op tijd komen betreft. Op zichzelf zijn jongens en meisjes allebei goed in natuurkunde. Mijn zus is ook goed in natuurkunde. En mijn vriendin ook." Dat was een duidelijk standpunt.

Het management van het Instituut Techniek nodigde in 1995 de spreker Sheila Tobias uit om hen en de docenten te verklaren waarom het aantal meisjes in de technische vakken zo laag was. Mijn baas, die tijdens de lezing naast me zat, maakte na afloop de opmerking tegen mij: "Goh, het is jou wel gelukt om als vrouw natuurkunde te studeren." Hij zei het op een toon alsof hij dat bijzonder vond. Dat zette mij aan het denken. "Waarom was het mij wel gelukt om als vrouw natuurkunde te studeren? Hoe heb ik eigenlijk natuurkunde geleerd?" Ik herinnerde het me nog goed: dromend in bed. Denkend in mentale voorstellingen van wat er gebeurt bij een beschrijving van een natuurkundig fenomeen, hoe dit tot een formule leidt. Dat kunnen meisjes toch net zo goed als jongens?!

1.7 Ervaringen als docent informatieanalyse in opleiding

Als docent aan de opleiding Informatica werd mij gevraagd of ik een cursus wilde volgen om het vak informatieanalyse te kunnen gaan geven. De cursus NIAM (Natuurlijke taal InformatieAnalyseMethode) werd verzorgd door één van de bedenkers van de methode, Professor Sjer Nijssen.

We kregen te horen dat een informatieanalysemethode een methode was om de grote lijnen uit de aangeboden informatie te halen. Aan de hand van deze grote lijnen kon een goed programma gemaakt worden om de computer 'te laten denken als een mens'. Aangezien NIAM een methode was, had het dus een stappenplan dat geleerd kon worden. Bovendien werd de methode aangekondigd als universeel en zou dus gebruikt kunnen worden voor ieder vakgebied. Het uitgangspunt van de methode was dat je begint met het verzamelen van voorbeelden en wel minstens twee concrete relevante voorbeelden. Aan de hand van deze voorbeelden moest je dan analyseren. Tijdens de cursus vertelde Nijssen menigmaal dat de methode ook goed dienst kon doen als leermethode: dat je bij uitstek kon leren aan de hand van voorbeelden. Ik werd gegrepen door de methode en zeker door het uitgangspunt dat je deze methode ook als leermethode kon gebruiken. Ik leerde op dat moment de methode zelf ook aan de hand van voorbeelden en dat ging prima.

Aan het eind van de laatste cursusochtend zouden we 's middags als afsluiting een toets afleggen, waarvoor we een cijfer zouden krijgen. Ik schoot terstond in een stress. Ten eerste kreeg ik vroeger op de Montessorischool nooit cijfers, ik houd dus ook niet van cijfers. Ten tweede voelde ik de strijd opkomen met mijn medecursisten om de hoogte van het cijfer; in dit geval waren de medecursisten collega's. Ten derde – *last but not least* – voelde ik me nog helemaal niet klaar voor die toets. In de lijn van de methode kon ik ook meteen duidelijk maken waarom: tijdens de cursus had Nijssen van ieder onderwerp slechts één voorbeeld gegeven, in plaats van tenminste twee, wat het uitgangspunt van de methode was. Terwijl Nijssen propageerde dat de methode ook geschikt was als leermethode, paste hij dat zelf dus niet toe. Zelden, misschien wel nooit, heb ik zo'n vernietigende evaluatie geschreven over een cursus. Ik had het gevoel dat ik hem met zijn eigen argumenten om de oren sloeg. Toen Nijssen de evaluatiebrief doorlas waar ik bij stond zei hij dan ook "Dit vind ik niet leuk". Dat was ook mijn bedoeling, want hij paste zijn eigen methode niet toe, waardoor ik me als student tekort gedaan voelde.

Jaren later mocht ik het vak zelf geven op de opleiding Informatica. Ik werd gegrepen door de efficiency van de methode als hulp bij het lesgeven. Mijn studenten lieten bij de beoordeling van de colleges blijken dat ze deze manier van lesgeven zeer waardeerden. Toen ik enige tijd ziek thuis zat, om te genezen van het operatief verwijderen van de zoveelste tumor, heb ik een lezing geschreven om de elegantie van informatieanalyse als leermethode aan te tonen. Die lezing, met als voorbeelden Ikebana (Japans bloemschikken) en cryptogrammatica, heb ik voor vele gezelschappen gehouden. Maar ik wilde meer. Volgens mij was deze methode, die werkte in de techniek, bruikbaar als leermethode. Ik wilde de methode dan ook bekend maken binnen onze school, want een efficiënte leermethode is op een school natuurlijk van levensbelang. Het management van

het Instituut vond mijn enthousiasme echter een te geringe basis voor het organiseren van een studiedag over dit onderwerp. Vandaar dat ik op zoek ging naar literatuur om mijn ideeën te staven. Helaas kon ik niets vinden. Ik herinnerde me vaag dat Nijssen de methode als leermethode toepaste in Australië. Vandaar dat ik hem een brief stuurde om literatuur over de methode te vragen. Een alinea uit die brief van 5 maart 1995 luidde:

"Afgelopen half jaar heb ik voor het eerst bij de opleiding Hogere Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden het vak informatieanalyse verzorgd. Dit vak wordt gegeven in de propaedeuse. Bij het tentamen wordt de studenten gevraagd een evaluatieformulier in te vullen. Hierop moeten ze een eindcijfer geven voor de gehele lesmodule. Dit was gemiddeld een 8,3. Uitzonderlijk hoog, zeker voor een vak waarbij de computer niet wordt gehanteerd. Dit hoge gemiddelde schrijf ik toe aan het feit dat ik de methode zeer consequent tijdens het lesgeven heb toegepast, ofwel dat ik NIAM als leermethode gebruikte."

Nijssen belde me op naar aanleiding van de brief en beloofde mij wat te schrijven over het gebruik van informatieanalyse als leermethode en het me toe te sturen. Daar is ons contact bij gebleven.

De studiedag, die ik over dit onderwerp wilde organiseren, is er niet gekomen. Mijn overtuiging is er nooit minder om geworden, dat een informatieanalyse-methode niet alleen geschikt is om computers te laten denken als een mens, maar ook geschikt is om mensen zelf beter te leren denken.

1.8 Ervaringen als onderzoeker

In het begin van mijn onderzoek formuleerde ik twee beweringen die ik graag wilde onderzoeken: 'Een informatieanalysemethode is een leermethode' en 'Als het vak natuurkunde, wordt gegeven zodanig dat het meisjes aanspreekt, spreekt het jongens ook aan, maar andersom geldt dat niet'. De eerste tijd van het onderzoek heb ik vooral veel literatuur doorgewerkt over de mening van anderen, over leermethoden en het verschil in leren tussen de seksen. Ik was daar al maanden mee bezig toen er op school een afscheidscollege van een docent plaatsvond. De docent had me vooraf verzekerd dat hij tijdens de voordracht "echt veel voorbeelden" zou geven.

Na afloop besprak ik met collega Dick Bruin de manier van lesgeven tijdens dit afscheidscollege en we kwamen tot dezelfde conclusie "hij gaf geen enkel voorbeeld". De docent kwam weliswaar met voorbeelden van de grote lijnen die hij wilde uitleggen, maar Dick en ik vonden voorbeelden pas echte voorbeelden als ze de *samenhang* van die grote lijnen duidelijk gemaakt hadden. Waarvoor dienen de grote lijnen? Waarom zijn de grote lijnen belangrijk? Waarom zijn de grote lijnen dus eigenlijk de grote lijnen? Dick en ik plaatsten tijdens dat gesprek het lesgeven in drie lagen zoals die in de informatieanalysemethode gebruikt werden. We waren het volledig met elkaar eens dat bij goed lesgeven alle drie de lagen gebruikt moeten worden en dat een docent dient te beginnen met voorbeelden uit de bovenste laag die het nut aantonen van de leerstof. We waren het ook met elkaar eens dat docenten die bij hun lesgeven voornamelijk slechts

één laag gebruikten in hun didactiek verbeterd konden worden. Sterker nog, als twee docenten ieder voornamelijk in één verschillende laag lesgeven, dan zouden ze ook als mens elkaar maar moeilijk begrijpen, omdat ze langs elkaar heen zouden praten. Dick zei toen: "Als jij een goede lesmethode ontwikkelt die je docenten gemakkelijk kunt aanleren, dan heb je daar wat aan. Dat zou mooi zijn." Op dat moment beseftte ik dat informatieanalyse niet alleen een goede *leermethode* is, maar ook een goede *lesmethode*. Zelf had ik die ervaring als docent wel, maar het was nog niet in me opgekomen dat ik het *trucje* dat ik toepas gemakkelijk aan andere docenten zou kunnen leren: lesgeven aan de hand van minstens twee concrete relevante voorbeelden. Vanaf dat moment werd de vraagstelling van het onderzoek, dat informatieanalysemethode een goede *leermethode* is, uitgebreid met de veronderstelling dat het tevens een goede *lesmethode* zou zijn. Verder beseftte ik dat de structuur voor de overdracht van informatie in drie lagen, zoals de informatieanalysemethode voorstaat, essentieel is voor het begrijpen waarom dit een goede onderwijsmethode is.

1.9 Ervaringen als toehoorder van presentaties

Ervaring met het verschil in presenteren volgens de gangbare wijze en volgens de informatieanalysemethode kreeg ik al snel als toehoorder. Een student vertelde tijdens een presentatie dat hij stage liep bij de Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam (SARA). SARA beschikte als eerste in Nederland over een *Virtual Reality* ruimte van $3 \times 3 \times 3$ meter, CAVE™ genaamd, waarin de gebruiker volledig werd opgenomen in een door de supercomputer gegenereerde 3-dimensionale wereld. De eigenlijke stageopdracht was een programma te schrijven waarmee een gebruiker in de CAVE™ de beweging van de planeet Venus kon ervaren. De student legde aan de hand van wiskundige formules uit hoe de bewegingen van Venus moesten veranderen. Na afloop van de presentatie waren de toehoorders, medestudenten, vol bewondering over zoveel wiskundige kennis. Toch verlieten ze teleurgesteld de zaal: de term *Virtual Reality* had hen gelokt de presentatie te volgen, maar tijdens de presentatie kwam dit onderwerp nauwelijks aan bod. Tijdens de nabespreking van de presentatie vroeg ik de student waarom hij als achtergrond een afbeelding van een gebruiker in de CAVE™ had geprojecteerd. "Uiteraard omdat daar alles om draait," antwoordde de student op een toon die uitdrukte dat ik zo'n voor de handliggend antwoord zelf had kunnen bedenken. "Denk je dat je toehoorders dat ook doorhadden toen ze de zaal verlieten?" Die vraag verraste hem. "Nou, dat zou wel eens kunnen van niet," antwoordde hij met een stem waarin spijt doorklonk. "Dan heb je jezelf dus aardig te kort gedaan," zei ik, "en je toehoorders ook. Volgens mij kun je er een prachtig verhaal over vertellen, daar ben ik van overtuigd."

Mijn eigen ervaring als gebruiker in de CAVE™ stond me nog helder voor de geest. Toen ik de student als stagebegeleider bij SARA bezocht, mocht ik zelf een virtuele reis ervaren. Ik stond midden in de ruimte van $3 \times 3 \times 3$ meter en kreeg een bril op mijn neus. Ik kon het door de computer gegenereerde beeld in de bril zien. Ik keek rond in een prachtige virtuele, dus niet echt bestaande, bloemenwei. Ik

kon naar links kijken, naar rechts, naar boven en naar beneden. Steeds veranderde het beeld dat ik zag door de bril mee. Met behulp van een afstandbediening kon ik op een knopje drukken waardoor het beeld dichterbij kwam of juist van me af ging. Dat alles virtueel, want ik bleef stilstaan midden in de CAVE™. Virtueel lopend door de bloemenwei kwam ik bij een boom waar een wespennest aanhing. Op aanmoediging van de begeleider van SARA drukte ik op een knopje op de afstandbediening om het wespennest (virtueel) aan te raken. Ik schrok me wild: een enorme zwerm wespen kwam uit het wespennest. De schrik werd versterkt door oorverdovend gezoem uit de luidsprekerboxen rondom. Ik dook ineen en trachtte door weg te lopen de zwerm te ontwijken. Niet dat dit zin had, want de virtuele zwerm wespen kon me via de bril gemakkelijk detecteren en wist dus precies waar ik stond. Ik was blij dat virtuele wespen niet konden steken. Dit soort ervaringen in de CAVE™ had de student natuurlijk nog veel meer dan ik. Hij had er prachtig over kunnen vertellen en had daarmee alle toehoorders enthousiast kunnen maken. Als hij alleen maar had verteld 'waar alles om draait'.

Tijdens een herhaling van de presentatie begon de student vol enthousiasme en kennis van zaken te vertellen over zijn ervaringen in de CAVE™. Vervolgens moest hij natuurlijk nog zijn opdracht over Venus beschrijven. Dat ging hem gemakkelijk af: "Als je als gebruiker in de CAVE™ staat, kun je naar links kijken, naar rechts, naar boven en naar beneden. Het is steeds een ander beeld van Venus. Ik moet dus de computer de juiste formule laten uitrekenen om het beeld te veranderen. Als je maar goed in de gaten houdt wat de gebruiker voor signaal afgeeft, dan lukt dat wel." Daarna volgden dezelfde formules als tijdens de eerste presentatie. De student koppelde de formule steeds aan de beweging van de gebruiker. De toehoorders konden zich deze bewegingen uitstekend voorstellen. Ze verlieten na afloop dan ook enthousiast de zaal en ze complimenteerden de glunderende student met zijn boeiende presentatie. Door te beginnen met een concreet voorbeeld konden de toehoorders zich een mentale voorstelling maken van wat er gebeurde in de CAVE™. Ze begrepen daardoor veel gemakkelijker de grote lijnen van de eigenlijke stageopdracht.

Met een enkele aanwijzing was er een wereld van verschil tussen beide presentaties. Zowel voor de toehoorders als voor de student kwam de presentatie veel beter over toen de informatie vanuit een concreet relevant voorbeeld werd overgedragen.

1.10 Conclusies uit eigen ervaringen voor de vraagstelling

Hieronder formuleer ik de dertien belangrijkste punten van mijn eigen ervaringen. Ik gebruik ze voor het formuleren van een goede vraagstelling.

- Als leerling van de lagere school heb ik ervaren dat je medeleerlingen kunt helpen moeilijke onderwerpen gemakkelijk te maken door concrete voorbeelden.
- Als leerling van de middelbare school heb ik als meisje ervaren dat de keuze voor het vak natuurkunde sociaal bepaald is.

- Als studiekeuzer was ik ook bij de tweede keer te onzeker om voor het vak natuurkunde te kiezen, hoewel mijn vader mij het vak sterk had aangeraden.
- Als lerares heb ik ervaren dat natuurkundeonderwijs dat meisjes aanspreekt ook jongens aanspreekt, maar dat dit andersom niet geldt.
- Als student natuurkunde heb ik ervaren dat je gemakkelijk natuurkunde leert aan de hand van mentale voorstellingen van afleidingen van formules.
- Als docent op een technische school heb ik ervaren dat een mannelijke student vindt dat jongens gemakkelijker natuurkunde studeren omdat ze *asociaal* zijn.
- Als docent op een technische school heb ik voorts ervaren dat uit onderzoek blijkt dat er verschil is bij het leren tussen meisjes en jongens.
- Als cursist heb ik geleerd dat ik me tekort gedaan voel als de informatieanalysemethode niet consequent wordt toegepast als leer- en lesmethode.
- Als cursist en als docent heb ik ervaren dat informatieanalysemethode een goede leer- en lesmethode is die aansluit bij het *natuurlijk* leren.
- Als docent heb ik ervaren dat de studentenbeoordeling van colleges uitzonderlijk hoog is als je consequent lesgeeft volgens de informatieanalysemethode.
- Als beginnend onderzoeker is me duidelijk geworden dat informatieanalyse niet alleen een goede *leermethode* is, maar ook een goede *lesmethode*.
- Als beginnend onderzoeker is me tijdens informeel collegiaal gefilosofeer duidelijk geworden dat de drielagen-structuur van de informatieanalysemethode essentieel is.
- Als toehoorder van presentaties heb ik ervaren dat, als een spreker vanuit voorbeelden de informatie overbrengt, dat dan zowel de spreker als de toehoorder de presentatie beter vinden.

1.11 De vragen voor het onderzoek

Het aantal meisjes, dat een studie volgt in een exacte richting is opvallend laag. Dit ligt volgens mij niet aan de meisjes, maar aan de manier van leren en lesgeven. Aan de hand van mijn eigen ervaringen kom ik voor dit onderzoek tot drie vragen:

1. Kan de informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een onderwijsmethode?
2. Hoe kan het technisch en natuurkundig onderwijs zo worden ingericht dat het niet langer ontmoedigend is voor meisjes?
3. Sluit onderwijs aan de hand van een informatieanalysemethode aan bij de manier waarop meisjes leren?

In het volgende hoofdstuk geef ik een voorbeeld van de werking van de informatieanalysemethode als onderwijsmethode. Daarna herformuleer ik de vragen tot de vraagstelling van het onderzoek.

2 De brug in Aldtsjerk is Voorbeeld_{IG}

In dit hoofdstuk geef ik aan de hand van een voorbeeld de werking weer van het gebruik van de informatieanalysemethode. Het voorbeeld speelt zich af bij de brug in Aldtsjerk. Een moeder haalt haar zoon tussen-de-middag op van de basisschool die aan een doodlopende weg staat om de hoek bij de brug.



Figuur 2.1: het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk.

Samen met haar zesjarige zoon loopt de moeder naar haar auto die op de parkeerplaats bij het café staat. De zoon vraagt aan zijn moeder:

“Wat betekent dit verkeersbord?”

“Dat je van deze kant voorrang hebt op de brug”, antwoordt de moeder.

Heeft de zoon met deze uitleg van zijn moeder nu wel of niet begrepen wat het verkeersbord (figuur 2.1) betekent? Ze koppelt voor haar zoon het beeld van dit ene verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk aan het zinnetje: ‘Dat je van deze kant voorrang hebt op de brug’. De betekenis van dit verkeersbord zou de zoon nu uit zijn hoofd kunnen gaan leren. Ik betwijfel of het zinnetje lang blijft hangen in combinatie met het beeld van het verkeersbord. Alleen feiten uit het hoofd leren is saai.

Aan de hand van dit voorbeeld zal ik hieronder de werking van de informatie-analysemethode uitleggen bij gebruik als onderwijsmethode. Een onderwijsmethode omvat zowel een *leermethode* als een *lesmethode*. In de dialogen hanteert de moeder de *lesmethode* en de zoon de *leermethode*.

2.1 Baken het gebied af waarnaar je kijkt

Allereerst geef ik een nadere situatieschets van de brug in Aldtsjerk. Daarbij baken ik het gebied af dat belangrijk is voor het begrijpen van de betekenis van het verkeersbord. Dat doe ik zowel voor de ervaringswereld van de moeder, als die van de zoon.

Het is een smalle brug (figuur 2.2). Er kan slechts één auto tegelijk over de brug. Voor de moeder is dit het belangrijkste gegeven om de vraag van haar zoon te beantwoorden.

De zoon kent de brug heel anders. Het water, de *Moark*, komt aan de ene kant van de brug van Bartlehiem en gaat aan de andere kant naar Leeuwarden via het



Figuur 2.2: de situatie bij de brug in Aldtsjerk.

Elfstedenbruggetje. In de winter, als er ijs ligt, passeren de elfstedentochtschaatsers de brug, maar in de zomer doen veel plezierbootjes dat. Kapiteins die dit water nooit eerder hebben bevaren, vallen op door hun getoeter om aan te geven dat ze willen dat de brug voor hen opengaat. Voor de zoon, en de rest van de plaatselijke jeugd in Aldtsjerk, geeft dit getoeter aan dat ze kunnen helpen om de brug te bedienen. Dat doen ze graag. Terwijl de bootjesmensen nog op het schip zitten roepen ze: "Er moet twee euro in". Na enig zoeken wordt vanaf de

boot een twee-euromuntstuk op de kant gegooid. De jeugd heeft ruime ervaring met de bediening van de brug. Ze gooit als volleerd brugwachter het twee-euromuntstuk in de zelfbedieningspaal, doet de stoplichten aan, laat de slagboom zakken en sluit links en rechts de draaihekken. De jeugd wordt er zelfs niet zenuwachtig van als er een grote bus naar Dokkum staat te wachten indien de brug open is. Vlot vaart de boot door de open brug, de jeugd dankend voor zoveel onverwachte vriendelijkheid. Over en weer wordt gezwaaid. Als de boot is gepasseerd en de zelfbedieningspaal de borg van het twee-euromuntstuk heeft teruggegeven, dan loopt de jeugd naar het café om een ijsje te kopen. Er was echt een twee-euromuntstuk nodig om de brug te bedienen, ze hebben niet gejoekt. Maar ze hebben er niet bijgezegd dat de twee euro er ook weer uitkomt. De jeugd helpt de bootjesmensen uiteraard graag met de bediening van de brug. Voor de zoon is in de zomer de brug het centrum van Aldtsjerk.

Het gebied waar de informatie voor dient is afgebakend.

2.2 Geef een relevant voorbeeld

De moeder wil graag dat haar zoon een voorbeeld ziet van de werking van het verkeersbord.

Ze gaan aan de waterkant zitten en wachten tot ze een voorbeeld zien waaruit het nut van het verkeersbord blijkt. Tijdens het uitgaan van de school is het spitsuur rond de brug. Een mooi voorbeeld van de werking van het verkeersbord is de situatie dat van beide kanten van de brug een auto komt aangereiden. De auto die aan de andere kant komt aanrijden stopt en verleent de auto die vanaf de kant van het verkeersbord komt aanrijden keurig voorrang.

"Zie je", zegt de moeder, "zo hoort het. Dat geeft dat verkeersbord aan. Deze kant heeft voorrang en mag eerst over de brug. De andere kant moet daar even op wachten."

Moeder is blij dat haar zoon zo'n prachtig voorbeeld ziet van de werking van het verkeersbord.

Nog indrukwekkender is de situatie dat een auto vanaf de andere kant te laat door heeft dat er een auto van deze kant komt aanrijden. De auto's komen elkaar tegen op de brug. Uiteraard staan ze beide op tijd stil, want niemand rijdt er hard. En nu? Beide auto's staan op de brug en er kan slechts één auto tegelijk over de brug. Eén van de auto's moet achteruit rijden. Maar welke auto? De moeder bekijkt gespannen de situatie: zouden de auto's nu gaan doen wat het verkeersbord aangeeft? Jawel, de auto vanaf de andere kant rijdt achteruit om de auto van deze kant voorrang te verlenen, zoals het volgens het verkeersbord moet.

"Zo hoort het, hè mam?", vraagt de zoon.

"Ja, precies", antwoordt moeder, opgelucht dat het gebeurt zoals ze hem heeft uitgelegd.

Voorbeelden waaruit de betekenis van de informatie blijkt zijn bekeken.

2.3 Verwoord de informatie

De moeder wil dat de zoon de informatie die het verkeersbord weergeeft goed bekijkt en in zijn eigen woorden weergeeft. Ze gaat ervan uit dat het verkeersbord in zekere mate weergeeft wat het betekent.

De zoon heeft voorbeelden gezien van de werking van het verkeersbord. De moeder vraagt vervolgens:

"Wat staat erop het verkeersbord?" Ze wijst naar het verkeersbord. Beiden bekijken het verkeersbord goed.

"Twee pijlen", antwoordt de zoon. Wellicht zonder doorvragen al direct met de aanvulling: "Een witte en een rode pijl staan erop; de witte staat omhoog en de rode pijl wijst omlaag."

"Ja, de witte pijl omhoog," vult de moeder aan wat haar zoon verwoordt, "die staat aan de kant waar wij rijden. De witte pijl geeft dus niet het verkeer aan dat de lucht ingaat, maar het verkeer dat aan deze kant van de weg over de brug rijdt. Verder geeft die rode pijl het verkeer weer dat ons tegemoet komt rijden aan de andere kant van de weg."

De informatie is verwoord.

2.4 Koppel het voorbeeld aan de verwoording

Voor een goed begrip wil de moeder de voorbeelden koppelen aan de verwoording van de informatie op het verkeersbord.

De moeder en de zoon hebben verwoord dat de richting en de kleur van de pijlen op het verkeersbord belangrijk zijn. De moeder wil deze verwoording koppelen aan de voorbeelden van de werking van het verkeersbord. Ze vraagt:

“We hebben net gezien dat er maar één auto tegelijk over de brug kan: of een auto van deze kant, of een auto van de andere kant. Wie denk je dat eerder mag: de auto van deze kant die wordt voorgesteld door de witte pijl of de auto van de andere kant die wordt voorgesteld door de rode pijl?”



Figuur 2.3: over de smalle brug kan slechts één voertuig tegelijk.

De zoon bekijkt het verkeersbord en de situatie goed (figuur 2.3) en antwoordt:

“Rood geeft bij een verkeerslicht aan dat je moet stoppen, dus het verkeer van de andere kant moet stoppen. De witte pijl mag eerst, dus wij. Als je van deze kant komt dan heb je voorrang op de brug?”

De zoon verwoordt zijn bedenkingen nog wel op vragende toon, want zeker weten doet hij het niet. Zijn verklaring komt echter wel geloofwaardig op hem over.

“Precies, helemaal gelijk”, bevestigt zijn moeder zijn ideeën.

De voorbeelden zijn gekoppeld aan de verwoorde informatie.

2.5 Geef de grote lijnen weer

De moeder weet dat dit verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk ook in andere situaties wordt gebruikt. Ze wil graag dat de zoon ook in nieuwe situaties de betekenis van het bord begrijpt. Vandaar dat ze de algemene geldende grote lijnen van de betekenis van het verkeersbord voor de zoon duidelijk samenvat.

De betekenis van de gegevens op het verkeersbord is verwoord, de witte en rode pijlen, zijn in verband gebracht met de situatie. De moeder zet alles op een rijtje:

“Dus het verkeersbord geeft eigenlijk twee grote lijnen weer: ‘je moet kijken welke richting de pijl heeft’ en ‘je moet kijken naar de kleur van de pijl’. Twee belangrijke regels die de betekenis van dit verkeersbord weergeven. De samenhang van de grote lijnen is, dat het verkeer dat rijdt in de richting van de rode pijl moet wachten. Het verkeer dat rijdt in de richting van de witte pijl heeft dus voorrang.”

Het is heel goed mogelijk dat als de zoon ergens anders dit verkeersbord tegenkomt, hij nog steeds weet wat het bord betekent. Hij weet dan of hij voorrang behoort te krijgen.

Vanuit de verwoording worden met behulp van de voorbeelden de grote lijnen weergegeven.

2.6 Geef minstens twee relevante voorbeelden

De moeder realiseert zich dat de grote lijnen niet altijd gelden. Ze haast zich om de zoon meer voorbeelden te geven die de betekenis van het verkeersbord duidelijk maken.

De moeder bedacht dat de zoon niet alleen in haar auto de brug passeert, maar ook met zijn skelter (figuur 2.4). Heeft de zoon dan ook voorrang op de brug als hij op



Figuur 2.4: meer voorbeelden zijn noodzakelijk.

zijn skelter van deze kant komt? Om de drommel niet! Moeder schrikt alleen al bij het idee en vertelt hem:

"Met de auto heb je voorrang als je van deze kant van de brug komt, maar niet als je met je skelter komt aanrijden. Denk erom dat je alle auto's voorrang moet geven als je op een skelter rijdt. Ook op de fiets moet je oppassen. Je hebt op de fiets wel voorrang, maar ga er niet vanuit dat je van iedere brutale automobilist ook voorrang krijgt. Het is dus goed uitkijken als je de brug nadert."

Meer dan twee concrete relevante voorbeelden zijn gegeven. Eén voorbeeld is te weinig.

2.7 Zoek overeenkomsten en verschillen

De moeder wil haar zoon laten zien dat er ook uitzonderingen zijn op de betekenis van het verkeersbord.

In het voorbeeld dat twee auto's elkaar tegenkwamen op de brug keek de moeder gespannen toe wat de automobilisten gingen doen. Ze heeft de ervaring dat niet alle automobilisten zich aan de betekenis van het verkeersbord houden. Sommige brutale automobilisten van de andere kant nemen voorrang, omdat ze net eerder bij de brug waren. Een ander voorbeeld is de situatie dat er een grote dikke bus komt aanrijden vanaf de andere kant, vanaf Dokkum. Als er tegelijkertijd een auto van deze kant komt, zou volgens het verkeersbord de auto voorrang hebben. De bus zou moeten stoppen en mogelijk zelfs een eindje terug moeten rijden. Maar zo gaat het meestal niet: uitzonderingen bevestigen de regel. Want de grote bus zou heel wat moeite hebben om achteruit te rijden. Terwijl de auto aan deze kant van de brug ruimte genoeg heeft om te manoeuvreren. De kans is dus heel groot, dat de auto van deze kant de bus van de andere kant voorrang geeft. Of als je het anders bekijkt, dat de chauffeur van de bus voorrang neemt. Hoe dan ook, het is een uitzondering op de regel waar de zoon van opkijkt. Hij mag niet verwachten dat hij van grote bussen of vrachtauto's voorrang krijgt. De zoon had net de betekenis van het verkeersbord geleerd. Door de uitzonderingen blijkt dat hij er

niet zeker van mag zijn dat iedereen zich aan de betekenis van het verkeersbord houdt.

Naast voorbeelden die overeenkomen met de grote lijnen worden ook voorbeelden die verschillen met de grote lijnen bekeken.

2.8 Plaats de grote lijnen in de ervaringswereld

Uiteraard wil de moeder haar zoon het gevoel geven dat hij de betekenis van het verkeersbord begrijpt. Ze koppelt daarom de werking van het verkeersbord aan eerder opgedane ervaringen van hem.

De moeder vraagt of haar zoon wel eens een andere situatie had meegemaakt met voorrang geven:

"Heb jij wel eens ergens moeten wachten omdat er maar één tegelijk door kon?"

"Nee hoor, dat heb ik niet", antwoordt hij stoer.

"En toen we laatst naar oma gingen met de trein?"

"O ja, toen moesten we bij de trein op het perron wachten totdat iedereen was uitgestapt," herinnert hij zich opeens, "daarna konden wij naar binnen door de treindeur."

"Stonden daar ook borden met witte en rode pijlen om aan te geven wie voorrang had?" Vraagt de moeder met enige spot in haar stem.

"Nee, natuurlijk niet. Dat is niet nodig. Eerst moesten de mensen uitstappen en daarna konden wij er pas in," verklaart de zoon.

"Dus omdat de regel is dat de mensen die uitstappen altijd voorrang hebben, hoef je er geen borden bij te zetten. En hier bij de brug," vraagt de moeder door, "waarom moet je hier dan wel een bord plaatsen?"

"Ja, hallo, logisch toch: je hebt hier geen buiten en binnen." De zoon geeft aan dat hij langzamerhand het nut van het samenspel van voorrang geven en voorrang nemen prima heeft begrepen.

Een voorbeeld waarbij de werking al duidelijk is, plaatst de grote lijnen in de ervaringswereld.

2.9 Op weg naar een denkniveau hoger

De moeder wil proberen een stap verder te gaan, dan alleen de werking van het ene verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk te verklaren.

Daar de zoon laat blijken dat hij de logica van het geheel van voorrang geven en nemen gemakkelijk begrijpt, wijst zijn moeder opnieuw naar het verkeersbord en vraagt:

"Aan de andere kant van de brug, staat daar ook zo'n verkeersbord?"

Hé, dat is toch een nieuwe vraag voor de zoon. Hij kreeg net het gevoel dat hij het helemaal begreep en nu kan hij deze vraag toch niet zomaar beantwoorden. Als aan de andere kant van de brug net zo'n verkeersbord zou staan, zouden de pijlen aangeven dat de auto's van allebei de kanten voorrang hebben. Toch heeft hij duidelijk gezien dat dit niet zo is. Hij springt op en gaat de brug over om aan de andere kant naar het verkeersbord te kijken.

"Nee hoor," meldt hij triomfantelijk, "deze kant heeft in zijn eigen richting een rode pijl, dus moeten hier wachten! Die zwarte pijl... hé, een zwarte pijl." De zoon staart nadenkend naar dit nieuwe verkeersbord. De pijlen aan de andere kant waren rood en wit, en de pijlen op dit verkeersbord zijn rood en zwart. Er zijn zelfs nog meer verschillen. Hij roept verbaasd uit: "Hè, dit verkeersbord is rond en wit en dat verkeersbord aan de andere kant is rechthoekig en blauw." Je hoort aan de teleurstelling in zijn stem dat zijn gevoel dat hij het verkeersbord had begrepen opeens wegebt. Eigenlijk heeft hij er ook genoeg van dat er wat nieuws bijkomt. Zijn moeder vindt het langzamerhand ook welletjes, ze wil gaan lunchen en laat het verder rusten.

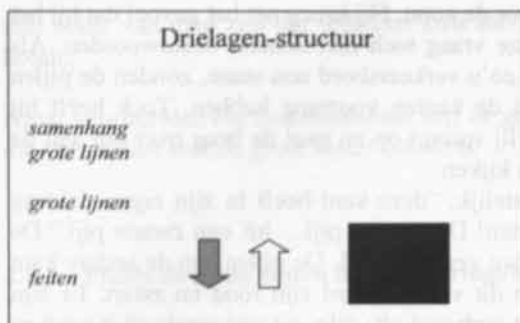
De moeder vindt het verschil uitleggen tussen blauwe rechthoekige borden en witte ronde borden met een rode rand te ver gaan. Ze is al lang blij dat haar zoon bij het nieuwe verkeersbord aan de andere kant van de brug uitriep: "deze kant heeft in zijn eigen richting een rode pijl, dus moeten ze wachten". Daaruit blijkt dat hij de geleerde grote lijnen kan toepassen in een geheel nieuwe situatie. Zelfs bij een voor hem nieuw verkeersbord. Dat impliceert dat hij een hoger denkniveau heeft bereikt over de werking van het verkeersbord. Volgens de informatie-analysemethode bereik je het gemakkelijkst een denkniveau hoger als de informatieoverdracht plaatsvindt met behulp van de drielagen-structuur.

2.10 De drielagen-structuur

De informatieanalysemethode (Nijssen en Halpin, 1989) heeft als uitgangspunt dat je informatie overbrengt aan de hand van drie lagen. Hieronder leg ik de drie lagen achtereenvolgens uit: de onderste laag in 2.10.1, de middelste laag in 2.10.2 en de bovenste laag in 2.10.3. Vervolgens bespreek ik in 2.10.4 dat goede informatie-overdracht, die zorgt dat een denkniveau hoger wordt bereikt, alle drie de lagen gebruikt. Niet meer en niet minder.

2.10.1 De onderste laag: de feiten

De zoon vroeg: "Wat betekent dit verkeersbord?" Er is dus een verkeersbord. De gegevens op het verkeersbord geven de *feiten* weer.



Figuur 2.5: de onderste laag van de drielagen-structuur: de *feiten*.

bord bekijkt waarvan de zoon de betekenis vroeg, zijn nu alle feiten genoemd (figuur 2.5).

De onderste laag van informatieoverdracht bestaat uit de gegevens waarmee de informatie wordt weergegeven: de *feiten*.

2.10.2 De middelste laag: de grote lijnen

De verwoording van de *feiten* door de zoon vatte de moeder samen tot algemeen geldende *grote lijnen*.



Figuur 2.6: de grote lijnen van het verkeersbord volgens de moeder.

De zoon verwoordde de gegevens van het verkeersbord als volgt:

“Een witte en een rode pijl staan erop; de witte staat omhoog en de rode pijl wijst omhoog.”

Op het verkeersbord staan dus twee pijlen, een rode en een witte. Allemaal feiten over dat ene verkeersbord. Dat het verkeersbord blauw is en rechthoekig, zijn ook feiten.

Als je alleen dit ene verkeers-

bord bekijkt waarvan de zoon de betekenis vroeg, zijn nu alle feiten genoemd (figuur 2.5).

De samenvatting van de moeder van de verwoording van haar zoon luidde:

“‘Een pijl heeft een kleur’ en ‘een pijl heeft een richting’”.

Dit zijn de twee algemeen geldende grote lijnen waaraan de zoon de betekenis van het verkeersbord kan ontlelen (figuur 2.6).

Dat het een blauw rechthoekig verkeersbord is, vindt de moeder niet belangrijk bij de uitleg van dit ene verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk.

De middelste laag van informatieoverdracht bestaat uit de algemeen geldende *grote lijnen* van de informatie.

2.10.3 De bovenste laag: de samenhang van de grote lijnen

Het voorbeeld van de twee auto's die voorrang geven en nemen, geeft de werking van het verkeersbord weer. Daaruit blijkt de *samenhang van de grote lijnen*.

De samenhang moet gezocht worden in de grote lijnen zoals de moeder deze hiervoor heeft samengevat:

“‘Een pijl heeft een kleur’ en ‘een pijl heeft een richting’.”

Uit het voorbeeld van de auto's die elkaar op de brug tegenkwamen, blijkt dat de richting van de pijl de richting van een verkeersstroom voorstelt. Ook volgt uit het voorbeeld dat het verkeer uit slechts één richting tegelijkertijd over de brug kan,

dus het verkeer in de andere richting moet stoppen om voorrang te verlenen. De kleur rood geeft aan dat je stoppen moet. Uit het voorbeeld blijkt dus dat: ‘als de richting van de pijl dezelfde is als die waarin je rijdt’ en ‘als deze pijl rood van kleur is’ dan moet je voorrang verlenen (figuur 2.7). De samenhang van de grote lijnen zorgt ervoor dat er geen botsing op de brug plaatsvindt. Het uiteindelijke doel waarom juist dit verkeersbord is geplaatst bij de smalle brug in Aldtsjerk.



Figuur 2.7: de samenhang van de grote lijnen volgens de moeder.

De bovenste laag van informatieoverdracht geeft de *samenhang van de grote lijnen* weer. Het uiteindelijke nut waartoe de grote lijnen dienen.

2.10.4 Goede informatieoverdracht gebruikt alle drie de lagen

Volgens de informatieanalysemethode gebruikt goede informatieoverdracht alle drie de lagen. Eerst beschrijf ik de manier van leren of lesgeven bij het gebruik van slechts één van de lagen. Vervolgens geef ik aan dat goede informatieoverdracht alle drie de lagen gebruikt.

Stel dat je zou willen leren of lesgeven aan de hand van alleen de onderste laag: *de feiten*. Dan zou de zoon de betekenis van het verkeersbord uit zijn hoofd moeten

gaan leren: 'je hebt een blauw vierkant bord met een witte en rode pijl' en dat betekent 'dat je voorrang behoort te krijgen'. Begrip hoeft hij niet te gebruiken, het is alleen uit het hoofd leren. Leren en lesgeven aan de hand van alleen de onderste laag, de feiten, is saai en kost veel tijd en energie.

Stel dat je zou willen leren of lesgeven aan de hand van alleen de middelste laag: *de grote lijnen*. De grote lijnen luiden: 'een pijl heeft een richting' en 'een pijl heeft een kleur'. Daarbij wordt nog de betekenis van de kleur gegeven: 'de kleur wit geeft aan dat je voorrang krijgt'. Mogelijk verwacht de zoon dat de pijlen de draaihekjes bij de brug weergeven: het draaihekje aan de kant van de witte pijl krijgt voorrang, dus moet hij dat eerst dichtdoen als hij de brug wil bedienen. In zijn belevingswereld van de brug in Aldtsjerk interpreteert de zoon de werking van het verkeersbord dan niet juist. Laat staan dat hij de werking van de grote lijnen begrijpt in een nieuwe situatie. Leren en lesgeven aan de hand van alleen de middelste laag, de grote lijnen, is moeilijk te bevatten en te abstract. Een mentale voorstelling van de samenhang van de grote lijnen uit de bovenste laag ontbreekt.

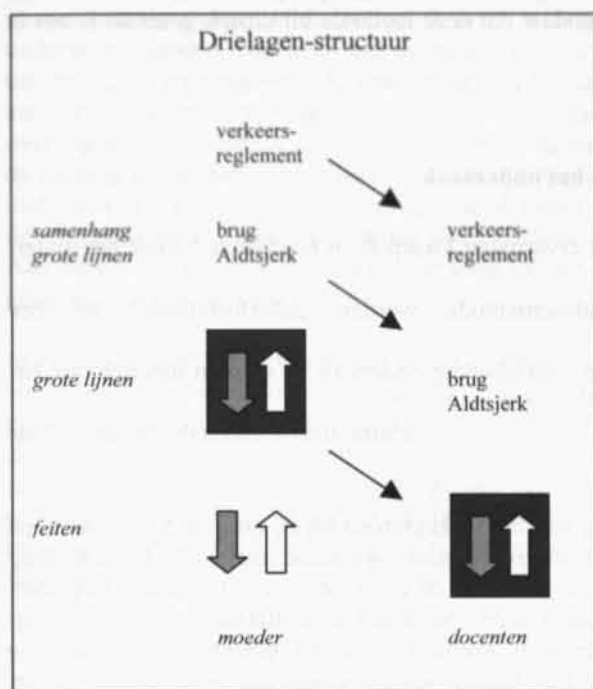
Stel dat je zou willen leren of lesgeven aan de hand van alleen de bovenste laag: de samenhang van de grote lijnen. Dan komt de nadruk te vallen op de ervaringen uit het dagelijks leven. De werking van de samenhang van de grote lijnen zal bij het zien van twee auto's, die van verschillende kanten de brug naderen, terstond duidelijk overkomen. Zeker als wordt doorgevraagd naar een zelfde soort ervaring als bij het in- en uitstappen van de trein. In een nieuwe situatie, zoals bij het verkeersbord aan de andere kant van de brug, is de kans echter groot dat de zoon het verkeersbord niet juist interpreteert. Want dat hij moet letten op de richting en de kleur van de pijlen is hem dan niet duidelijk geworden. Ervaringen uit de samenhang van de grote lijnen dragen pas bij tot een beter begrip, als de grote lijnen afzonderlijk duidelijk zijn. Leren en lesgeven aan de hand van de bovenste laag, de samenhang van de grote lijnen, sluit aan bij de ervaring en stimuleert de leerling. Het abstracte begrip van de afzonderlijke grote lijnen in de middelste laag ontbreekt.

De moeder gebruikte bij haar uitleg niet één laag, maar alle drie de lagen. Bij het verkeersbord aan de andere kant van de brug riep de zoon uit: "deze kant heeft in zijn eigen richting een rode pijl, moet dus wachten". In de geheel nieuwe situatie kon de zoon de juist geleerde grote lijnen toepassen. De combinatie van alle drie de lagen zorgt voor een goede informatieoverdracht.

De nieuwe feiten over de kleur en de vorm van het verkeersbord begreep de zoon echter nog niet. De moeder stopte met verdere uitleg, want de zoon begreep de werking van het verkeersbord waarnaar hij vroeg. Sommige docenten zouden mogelijk zijn doorgegaan met de zoon te vertellen dat er verschillende typen verkeersborden bestaan, bijvoorbeeld dat een blauw rechthoekig verkeersbord een *waarschuwbord* is of een wit rond bord met een rode rand een *gebodsbord*. De samenhang tussen de typen verkeersborden is het hele verkeersreglement. Dat is een stap verder dan alleen de uitleg van de verkeersborden bij de brug in Aldtsjerk. De docenten zijn dan een denkniveau hoger bezig. Dus toch vier lagen? Nee, zowel de informatieanalyse (Nijssen en Halpin, 1989) als ook bijvoorbeeld de CommonKADS-methode uit de kennistechnologie (Schreiber *et al.*, 1999) gaan

uit van kennisoverdracht in drie lagen. De zoon bereikt door de nieuwe kennis een hoger denkniveau. Als een hoger denkniveau is bereikt, dan kan dit hogere denkniveau optreden als onderste laag van de volgende informatieoverdracht om weer een denkniveau hoger te komen. Als voorbeeld daarvan vergelijk ik de informatieoverdracht van de moeder en van de docenten.

De onderste laag van informatieoverdracht van de moeder omvat de gegevens op het ene verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk. De middelste laag van de moeder geeft de grote lijnen van de betekenis van het verkeersbord. De bovenste laag van de moeder is de samenwerking van de verkeersborden bij de brug in Aldtsjerk. De onderste laag van de docenten is de betekenis van één verkeersbord. Dat komt overeen met de middelste laag van de moeder. De middelste laag van de docenten is de samenwerking van typen verkeersborden. Dit komt overeen met de bovenste laag van de moeder. De hoogste laag van de docenten is het samenspel van typen verkeersborden: het hele verkeersreglement (zie figuur 2.8). Als de docenten het hele verkeersreglement willen uitleggen, dan moeten zij ervan uitgaan dat de zoon de betekenis van verschillende verkeersborden kent. Vervolgens moeten de docenten meerdere voorbeelden geven van de samenwerking van typen verkeersborden om de grote lijnen te kunnen vinden. Eén voorbeeld van typen verkeersborden is de situatie bij de brug in Aldtsjerk. Daar staat een blauw rechthoekig waarschuwbord en een wit rond gebodsbord met rode rand. Een tweede voorbeeld van een blauw rechthoekig waarschuwbord zou



Figuur 2.8: de informatieoverdracht in drie lagen en denkniveau hoger gebruiken.

het verkeersbord bij de doodlopende weg naar de school kunnen zijn. Een tweede voorbeeld van een wit rond gebodsbord zou het verkeersbord onder het plaatsnaambord aan het begin van het dorp kunnen zijn, dat gebiedt de maximumsnelheid van 50 kilometer per uur aan te houden. Met behulp van deze en nog meer voorbeelden van verschillende typen verkeersborden worden de grote lijnen afgeleid: 'een type verkeersbord heeft een vorm' en 'een type verkeersbord heeft een kleur'. Ook de samenhang van de grote lijnen moet worden besproken: een blauw rechthoekig bord is een waarschuwbord. Een waarschuwbord

waarschuwt slechts: bijvoorbeeld dat een automobilist zich dient te houden aan het gebodsbord dat gebiedt voorrang te verlenen. De docenten gebruiken dan bij hun uitleg ook alle de drie de lagen, alleen nu op een hoger denkniveau (zie figuur 2.8). De drie gebruikte denkniveaus zijn een laag verschoven in vergelijking met de denkniveaus die de moeder gebruikt. Voor goede informatieoverdracht gebruik je om een denkniveau hoger te komen drie lagen van informatieoverdracht, ongeacht het denkniveau. Niet meer en niet minder.

Goede informatieoverdracht bestaat uit drie lagen. De voorbeelden uit de bovenste laag zorgen voor de samenhang van de grote lijnen, waardoor je het nut van de regels inziet. De grote lijnen in de middelste laag zorgen ervoor dat je de algemeen geldende regels beter kunt toepassen; ook in nieuwe situaties. Het kunnen toepassen van grote lijnen in nieuwe situaties wordt abstract denkvermogen genoemd. Het leren en lesgeven aan de hand van voorbeelden uit de samenhang van de grote lijnen is dus een opstap naar abstract denken. Ongeacht het denkniveau. Vandaar dat deze methode bij uitstek geschikt is om in het onderwijs te gebruiken.

2.11 De vraagstelling van het onderzoek

Aan de hand van mijn eigen ervaringen kwam ik in hoofdstuk 1 voor het onderzoek tot drie vragen:

1. Kan de informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een onderwijsmethode?
2. Hoe kan het technisch en natuurkundig onderwijs zo worden ingericht dat het niet langer ontmoedigend is voor meisjes?
3. Sluit onderwijs aan de hand van een informatieanalysemethode aan bij de manier waarop meisjes leren?

Het begrijpen van de werking van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk is een voorbeeld van - in mindere of meerdere mate - *spontaan onderwijs*. In de dialoog representeert de moeder het *lesgeven* en de zoon het *leren*. Lesgeven kan nooit plaatsvinden zonder dat iemand leert. Spontaan of zelfstandig leren, kan wel degelijk zonder dat iemand lesgeeft. Vandaar dat in dit onderzoek eerst het *leren* zelfstandig wordt bekeken en daarna wordt aangevuld met het *lesgeven*. Dientengevolge splits ik bij de vragen *onderwijs* in *leren* en *lesgeven*.

Hierdoor kan ik de probleemstelling van mijn onderzoek formuleren, alsmede de daarbij behorende doelstelling.

Probleemstelling:

Kan het technisch en natuurkundig onderwijs zo worden ingericht dat het niet langer ontmoedigend is voor meisjes?

Doelstelling:

Het ontwikkelen van een onderwijsmethode die beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren dan de gangbare onderwijsmethoden.

Het beantwoorden van de probleemstelling gebeurt aan de hand van drie onderzoeksvragen die betrekking hebben op leren en lesgeven:

Onderzoeksvraag 1:

Kan de informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een *adequate leermethode*?

Onderzoeksvraag 2:

Kan de informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een *adequate lesmethode*?

Onderzoeksvraag 3:

Sluit leren en lesgeven aan de hand van een informatieanalysemethode *beter* aan bij de manier waarop meisjes leren?

In hoofdstuk 3 zal ik laten zien wat er achter de eerste twee onderzoeksvragen schuilgaat, door toe te lichten wat ik onder *adequaat* versta. De derde onderzoeksvraag betreft het eigenlijke onderzoek. Met *beter* aansluiten bij de manier waarop meisjes leren, bedoel ik *beter* in vergelijking met diverse andere onderwijsmethoden. Dat leren aan de hand van voorbeelden, vooral voorbeelden uit de eigen ervaringswereld, een opstap biedt naar abstract denken en goed aansluit bij de manier waarop meisjes leren, is mijn eigen ervaring en stellige overtuiging. In hoofdstuk 3 zal ik deze overtuiging nader toelichten en toetsen aan de mening van anderen in de literatuur. De informatieanalysemethode die aan dit onderzoek ten grondslag ligt, wordt gestuurd vanuit voorbeelden, vandaar dat ik de erop gebaseerde onderwijsmethode *voorbeeldgestuurd onderwijs* heb genoemd. Aan het einde van hoofdstuk 3 wordt de gang van het wetenschappelijk onderzoek gedetailleerd beschreven.

In dit proefschrift zal ik veelvuldig gebruik maken van de benamingen *leerlingen*, *studenten*, *leraren* en *docenten*. Deze benamingen hebben in het genderneutrale enkelvoud de volgende benamingen *leerling(e)*, *student(e)*, *lera(a)r(es)* of *docent(e)* met als verwijzende vorm *hij/zij*. Voor de leesbaarheid van het proefschrift is gekozen voor het gebruik van het gangbare mannelijke enkelvoud *leerling*, *student*, *leraar* en *docent* met de vrouwelijke verwijzende vorm *zij*. In dit proefschrift moet deze benaming dus gelezen worden als geldend voor beide seksen.

3 De grote opstap voor meisjes in het onderwijs

In het vorige hoofdstuk heb ik met een voorbeeld de werking laten zien van het gebruik van de informatieanalyse als onderwijsmethode. In dit hoofdstuk geef ik aan waarom voorbeeldgestuurd onderwijs *beter* aansluit bij de manier waarop meisjes leren dan gangbare onderwijsmethoden. Als inleiding op dit hoofdstuk beschrijf ik in 3.1 mijn eigen ervaring van een lezing, waarbij aan docenten werd uitgelegd waarom zo weinig meisjes techniek studeren. Vervolgens schets ik in 3.2 het onderwijsbeleid van de overheid en prioritaire kennisvragen voor de toekomst. Daarbij schenk ik extra aandacht aan het techniekonderwijs en het onderwijsmancipatiebeleid. In 3.3 bespreek ik dat voorbeeldgestuurd onderwijs genderspecifieke ingrediënten bevat die – zo blijkt uit onderzoek – goed aansluiten bij de manier waarop meisjes leren. Het opvallendste verschil tussen meisjes en jongens is het zelfbeeld ten opzichte van de eigen score. Meisjes hebben een lagere inschatting van hun eigen prestaties dan jongens. Bij de meisjes leidt dit lage zelfbeeld tot een grotere mate van onzekerheid, met name bij exacte vakken. In 3.4 toon ik aan dat de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs geloofwaardiger overkomt, omdat deze uitgaat van de onzekerheid van een leerling. Dit leidt ertoe in 3.5 dat meisjes dan ook een grotere vooruitgang dan jongens ervaren bij voorbeeldgestuurd onderwijs, maar een vooruitgang ervaren doen ze allemaal. Tenslotte formuleer ik in 3.6 de kernvragen en sluit ik af in 3.7 met de opzet van het onderzoek.

3.1 Mijn eigen ervaringen als docent aan het Instituut Techniek

De essentie van dit hoofdstuk wordt allereerst beschreven door mijn eigen ervaringen als docent. Ik doe dat met een citaat uit Boltjes (1996). Het gaat over mijn bijwonen van een lezing door Sheila Tobias voor een groep docenten aan het Instituut Techniek van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden.

“Op een ochtend was er een bijeenkomst georganiseerd om de techneuten te vertellen hoe het kwam dat er zo weinig vrouwen bij ons op school rondliepen. Ooit had iemand geopperd dat dat kwam door de imposante verhoging die je op moest om bij de deur van de school te komen. Vrouwen lieten zich daar meer door imponeren dan mannen, werd lachend verondersteld en terstond naar het land der fabels verwezen. Nu zouden we dan van een expert op dat gebied de echte reden te horen krijgen. We stonden met een groepje collega's een kopje koffie te drinken voor de lezing zou beginnen. Eén van de heren hield een heel verhaal dat mannen toch heel anders waren dan vrouwen. Ik werd er zo moe van, want als vrouw krijg ik dan altijd het gevoel dat je alle vrouwen moet gaan verdedigen. ‘Maar ik denk dat als je vrouwelijker onderwijs geeft, je veel meer vrouwen trekt die ook de school afmaken’, mengde ik me toch maar in het mij zo afgezaagd lijkende

onderwerp. Bij de door mij gebruikte term 'vrouwelijker onderwijs' zag ik de wenkbrauwen van verbazing omhooggaan, dus voordat ze die kreet verbaal in de pan konden hakken, haastte ik me om een voorbeeld te geven. 'Als je bijvoorbeeld natuurkunde geeft, kun je een vraagstuk maken over het ophangen van de was. Je bent student, je woont in een studentenhuus en je wilt de was ophangen op een wasrek dat aan een openstaand raam hangt. Het glas in dat raam mag natuurlijk niet kapot. Hoe hang je nu je zware spijkerbroek en onderbroek op zodat de kans het grootst is dat dat glas heel blijft? Het is maar een voorbeeld, maar alle vrouwen zouden het automatisch goed doen, volgens mij. Sommige mannen gaan eerst nadenken en wellicht ook nog uitrekenen, voor dat ze het gaan doen.' Overdrijven was ook een kunst, vond ik, maar dat sprak dit gezelschap bestaande uit eigenlijk onwelwillende heren vast beter aan, schatte ik in. Vervolgens begon mijn baas een heel verhaal dat vrouwen toch echt heel anders waren in de techniek, op een toon die mij van de ene voet op de ander deed springen van ellende. 'Waar haalden die mannen toch dat superieure gevoel vandaan? Hadden ze dat nodig? Dat was toch zielig? Waarom waren ze niet gewoon zichzelf?' Om het ene na het andere voorbeeld werd gelachen, omdat vrouwen toch heel anders waren. 'Nou, dan wordt het tijd dat we ze hier in huis halen, die andersdenkenden, samen komen we vast een heel eind verder. Synergie noem je dat', gooide ik ertussen. Hé, het was even stil. Hier bleek niemand van terug te hebben? Wat leuk! Tot nu toe ging ik altijd de discussie aan om de gelijkheid van mannen en vrouwen aan te tonen en nu niet, en dan zette je die kerels toch aan 't denken? Maar ik meende het ook nog! 'Het is toch waanzinnig dat er hier nauwelijks vrouwelijke studenten zijn. Hopelijk gaan ze ons nu vertellen wat we daaraan kunnen doen', zei ik nog terwijl ik richting deur liep om de zaal binnen te gaan waar de lezing zou worden gehouden. Zeker mijn baas moest dat argument toch aanspreken, desnoods niet om dat fenomeen op te lossen, maar wel om grotere studentenaantallen te krijgen. Dan konden we de energie van de volgende bezuinigingsronde beter besteden aan het onderwijs, toch onze voornaamste zorg hier op school. Mijn baas liep rechtsom, de zaal in. Ik had even geen zin in hem en liep bewust de andere kant op, linksom. Toch kwamen we op dezelfde rij naast elkaar te zitten.

De sprekerster, Sheila Tobias, vertelde onder andere over de verschillen in gevoelens van mannen en vrouwen wat betreft succes en falen. 'Bij succes denkt een vrouw dat ze geluk heeft, dat komt van buiten, en een man vindt dat hij talent heeft, een eigenschap van hemzelf. Bij falen denkt een vrouw dat ze te stom is, een eigenschap van haarzelf, en een man vindt dat hij er te weinig aan gedaan heeft, een eigenschap van buiten.' Ze vertelde het allemaal wat snel, maar ik kon me er wel iets bij voorstellen. Uiteindelijk stonden er drie eigenschappen op het bord die mannen hebben, waardoor zij wel exacte vakken kunnen doen en die vrouwen missen: zelfvertrouwen, agressiviteit en zelfstandigheid. Hele lijsten met nog meer eigenschappen passeerden daarna nog op de overheadprojector, gelukkig had de sprekerster kopieën van de sheets voor ons klaarliggen. Ik zat er wat afstandelijk bij, ik had niet het gevoel dat ik echt iets nieuws hoorde. Ik had ook al zoveel van dit soort lezingen gehoord in mijn leven. Ondertussen zat ik met enige verbazing een aantal mannelijke collega's op te nemen die echt zo aandachtig zaten te luisteren, alsof het nieuw voor hen was. Zelfs mijn baas naast me. Na afloop zei hij tegen me 'Zo, dat heb jij dus allemaal doorgemaakt? Want het is jou wel gelukt om natuurkunde te studeren.' Ik hoorde toch iets in zijn stem alsof hij

dat bijzonder vond en dat hij daar eigenlijk nog nooit bij had stil gestaan. 'Joh, daar wil ik je best eens hele verhalen over vertellen. Dromend in bed heb ik natuurkunde geleerd.' Het leek me een goede investering, die man wilde wel. Volgens mij was hij er wel van te overtuigen dat je met een andere kijk erbij samen verder kon komen."

In deze ervaring schrijf ik over *vrouwelijker* onderwijs als mogelijkheid om bij meer vrouwen belangstelling te wekken voor een techniekopleiding. Met vrouwelijker onderwijs bedoel ik, dat naast de cognitieve intelligentie meer gebruik wordt gemaakt van de emotionele en sociale intelligentie. Het voorbeeld van het ophangen van de was in de hierboven beschreven ervaringen, geeft aan dat als meisjes bij natuurkunde meer op hun gevoel kunnen vertrouwen, ze het *automatisch* goed doen. Voorbeeldgestuurd onderwijs benut dit automatisme en meisjes ervaren daardoor een voorsprong op traditioneel onderwijs. Ook jongens vinden het uiteraard prima om naast hun cognitieve intelligentie meer te vertrouwen op hun emotionele en sociale intelligentie. Dit bleek in bovenstaande beschrijving uit de reactie van mijn mannelijke collega's: nadat het voorbeeld gegeven was, deelden ze opeens mijn mening dat je met een grotere diversiteit aan studenten in de techniek verder kunt komen. Aangezien meisjes zich onzekerder gedragen dan jongens met al hun bravoure, zullen meisjes een grotere vooruitgang ervaren dan jongens bij gebruikmaking van voorbeeldgestuurd onderwijs. Maar beide zullen ervaren dat ze vooruit gaan. Deze bevindingen leiden tot een uitgebreide vraagstelling (zie 3.6).

In bovenstaande beschrijving zijn het docenten van het Instituut Techniek die de wil tonen het onderwijs te veranderen, opdat meer meisjes - en ook jongens - kiezen voor een technische studie. De overheid is al jaren op zoek naar aanpassingen van het onderwijs opdat meer studenten techniek kiezen. Daar ga ik in de volgende paragraaf uitgebreid op in.

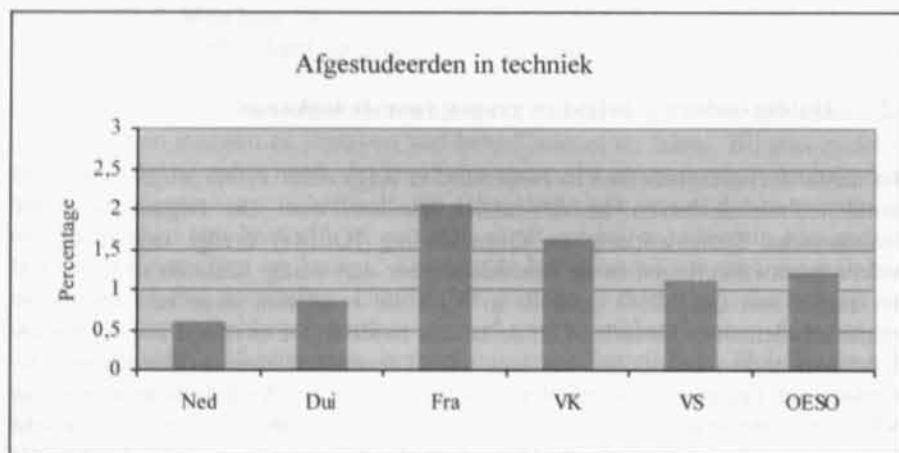
3.2 Huidig onderwijsbeleid en vragen voor de toekomst

Het aantal techniekstudenten in Nederland is laag, zeker in vergelijking met het aantal techniekstudenten in de landen rondom ons. De Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) brengt regelmatig de onderwijsontwikkelingen in de inmiddels meer dan dertig lidstaten in kaart. Uit een studie van de OESO geef ik in 3.2.1 de resultaten over het percentage techniekstudenten in Nederland en de landen rondom. De overheid zoekt intussen al jaren naar een beleid om het lage aantal techniekstudenten te verhogen. In overleg met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen werd in 1996 een commissie *Toekomst Natuur- en Technische Wetenschappen* ingesteld door de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen (KNAW) onder voorzitterschap van prof. dr. ir. A. Verruijt. De commissie kreeg de opdracht zich te verdiepen in de maatschappelijke oorzaken en gevolgen van de sterke daling van het aantal studenten in de technische wetenschappen aan de Nederlandse universiteiten. De aanbevelingen van deze commissie, die betrekking hebben op mijn onderzoek, bespreek ik in 3.2.2. Daarna beschrijf ik in 3.2.3 de ideeën om de

specifieke deelname van meisjes aan het techniekonderwijs te verhogen, zoals die uiteengezet zijn in de onderwijs Emancipatienota 1998-2002 (Ministerie OCenW, 1998). Vervolgens toon ik in 3.2.4 met cijfers aan dat het aantal leerlingen dat kiest voor een technisch profiel in het voortgezet onderwijs laag is en genderafhankelijk. Tevens geef ik de reactie van het totaal verbijsterde Nederlands Platform voor Natuurkunde dat de overheid het aantal uren exacte vakken in de technische profielen onlangs (2004) sterk heeft verminderd met als argument dat daardoor de keuzevrijheid van de leerlingen wordt vergroot. Deze paragraaf sluit ik af met prioritaire kennisvragen afkomstig van de Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT) en de Commissie van Overleg Sectorraden (COS). Naar verwachting zullen deze vragen belangrijk zijn voor de toekomstige ontwikkelingen van het onderwijssysteem.

3.2.1 Aantallen techniekstudenten in Nederland

De verwachting lijkt gerechtigd dat het percentage studenten dat een technische studie volgt, in Nederland even hoog ligt als in de ons omringende landen (we zijn immers *soortgelijke* landen). Dit is echter niet het geval. De gegevens die ik hier aanhaal zijn gebaseerd op het rapport 'Education at a glance' (OECD, 2001a). De percentages afgestudeerden in de techniek van de beroepsbevolking tussen de 25 en 34 jaar zijn weergegeven in figuur 3.1 voor Nederland, een aantal buurlanden (Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk), de Verenigde Staten (VS) en het gemiddelde van de lidstaten van de OESO. In Duitsland (Dui) is het aantal procentueel afgestudeerden in de techniek anderhalf keer zo hoog als in Nederland (Ned), in het Verenigd Koninkrijk (VK) wel drie keer zo hoog en in Frankrijk (Fra) bijna vier keer zo hoog. Kortom, het percentage afgestudeerden in de techniek is in Nederland laag vergeleken met de landen rondom ons.

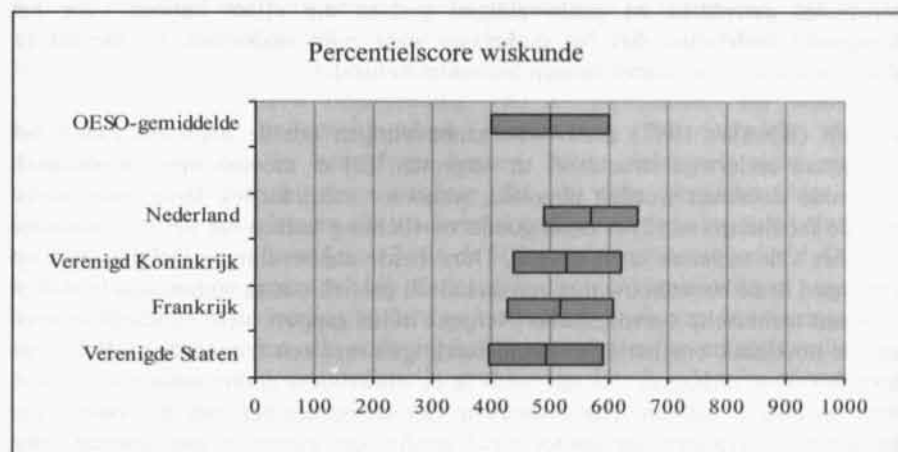


Figuur 3.1: percentages afgestudeerden in een studie techniek per beroepsbevolking van 25-34 jaar in Nederland en buurlanden (bron: OECD, 2001a).

Uit dit lage percentage van studenten in Nederland ten opzichte van zijn buurlanden zou je kunnen opmaken dat Nederlandse studenten minder vaardig zijn

in de exacte vakken (wiskunde en natuurwetenschappen) die vereist zijn om een technische opleiding te volgen. Het OESO heeft ook daarnaar een vergelijkend onderzoek gedaan in haar 'Programme for International Student Assessment' (PISA). Het onderzoek richtte zich op het toetsen van de onderdelen begrijpend lezen, wiskunde en natuurwetenschappelijke vakken. In iedere lidstaat moest een steekproef van tenminste 4500 leerlingen van 15 jaar, afkomstig van tenminste 150 scholen, gehouden worden. De eerste resultaten zijn gepubliceerd in het rapport 'Knowledge and skills for life. First results from PISA 2000' (OECD, 2001b). Helaas voldeed Nederland bij de steekproefseisen niet aan een deelname van 65 procent van alle scholen die waren aangeschreven om mee te doen. Nederland haalde slechts een respons van 27 procent. In het PISA-rapport wordt Nederland daarom genoemd als een land met een *duidelijke armslag* van betrouwbaarheid. De Nederlandse uitkomsten van dit PISA-onderzoek staan in een rapport 'Bruikbare kennis en vaardigheden voor jonge mensen' (Wijnstra, 2001) van de CITO-groep.

De resultaten van de percentielscore wiskunde zijn in figuur 3.2 weergegeven voor dezelfde landen als waarvoor hierboven het aantal afgestudeerden werd vergeleken. De resultaten zijn gepresenteerd op een schaal die is gestandaardiseerd op het OESO-gemiddelde van 500 met een standaardafwijking van 100. Deze spreidingsmaat betekent dat ongeveer tweederde deel van de leerlingen op een score tussen 400 en 600 uitkomt (500 ± 100). Nederland staat voor de percentielscore wiskunde bovenaan in vergelijking met de ons omringende landen, de Verenigde Staten en het gemiddelde van de OESO-landen (met de aantekening van de duidelijke armslag zoals hierboven genoemd).



Figuur 3.2: gemiddelde percentielscore voor wiskunde van Nederland en zijn buurlanden gestandaardiseerd op het OESO-gemiddelde van 500 ± 100 in het PISA-onderzoek (Wijnstra, 2001).

Bij de natuurwetenschappen staat Nederland (opnieuw met genoemde armslag) op een zesde plaats. Als we de prestaties van de exacte vakken wiskunde en natuurwetenschappen vergelijken met de ons omringende landen, dan scoort Nederland prima. De resultaten van PISA (OECD, 2001b) ondersteunen het

vermoeden dat er niets mis is met de prestaties in de exacte vakken van 15-jarige leerlingen in Nederland vergeleken met de landen om ons heen. We behoren immers tot de landen met de beste resultaten in de exacte vakken. De resultaten van de 'Trends in International Mathematics and Science Study' (TIMSS), een internationaal vergelijkende trendstudie naar leerlingprestaties in alleen de exacte vakken, geeft een zelfde beeld. Een verklaring voor de geringe percentages techniekstudenten in Nederland moet dus niet gezocht worden in de cognitieve mogelijkheden van de Nederlandse leerlingen.

De constatering van de lage aantallen techniekstudenten in Nederland is niet nieuw. Al jaren voert de overheid een beleid om het lage aantal techniekstudenten in ons land te verhogen. Hieronder belicht ik de voornaamste punten van dit beleid.

3.2.2 Overheidsbeleid voor techniekonderwijs

In 1996 heeft de overheid de Commissie Verruijt ingesteld met als doel het beleid te bepalen dat ten grondslag ligt aan het verhogen van het aantal studenten in het techniekonderwijs. Deze Commissie kwam in 1997 met een eindrapport (KNAW, 1997) dat verscheidene conclusies en aanbevelingen bevatte. De aanpak van het betaprobleem vereist maatregelen in drie richtingen, aldus Verruijt: (1) het vergroten van de instroom, (2) een aanpassing van de universitaire opleidingen en (3) een aanpassing van de studie-inhoud. Alleen in de eerste richting zijn er conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan die effect hebben voor het voortgezet onderwijs, dus het onderwijs waar mijn onderzoek op gericht is. Vandaar dat ik deze aanbevelingen hieronder behandel.

Verruijt (KNAW, 1997) deed twee aanbevelingen om de instroom vanuit het voortgezet onderwijs structureel te vergroten: (1) er moeten meer academisch gevormde docenten worden opgeleid, waarvoor vakdidactiek terug moet keren naar de faculteiten en (2) er moet goede voorlichting komen om het enthousiasme voor het vak techniek te vergroten. Deze beide aanbevelingen richtten zich op leerlingen in de bovenbouw met een technisch profiel, om ze enthousiast te maken voor een technische vervolgstudie. Nergens in het rapport werd aandacht besteed aan de noodzaak om het lage aantal leerlingen met een technisch profiel in de bovenbouw te verhogen, dus om reeds in de onderbouw enthousiasme te kweken voor de exacte vakken. Het ontbreken van aanbevelingen om het percentage leerlingen te verhogen dat een technisch profiel kan kiezen, is een gemiste kans. De Commissie zal het, veronderstel ik, als niet behorend tot haar opdracht hebben beschouwd. Wel heeft de commissie aanbevolen de Stichting Axis op te richten die zich ten doel zou moeten stellen om het aantal leerlingen met een technisch profiel te verhogen.

De aanbeveling van de commissie Verruijt leidde inderdaad tot de oprichting van de stichting Axis. De doelstelling van Axis was de hardnekkige tekorten op de arbeidsmarkt in de technische sectoren terug te dringen alsmede de dalende instroom in het technisch onderwijs. Dit wilde ze bereiken door het steunen van

lokale en regionale innovatieve projecten, het uitwisselen van informatie hierover, het doen van onderzoek en het verspreiden van kennis. Omdat voor de aanpak hiervan ook de inzet van het bedrijfsleven belangrijk werd geacht, is Axis opgericht als een samenwerkingsverband van werkgevers, overheid en opleidingen. In juli 2003 kwam Axis (2003) met een discussienota 'Mee(r) Doen': een actieplan Bèta/Techniek om te komen tot 15% meer Bèta/Technici in 2010. Essentieel voor het oplossen van het probleem dat slechts weinig jongeren kiezen voor bèta/techniek, is het besef dat het niet helpt jongeren bèta/techniek te verkopen (door middel van promotiecampagnes) en dat het overgrote deel van de jongeren zich niet laat *kopen* (verlaging collegegeld, verhoging studiefinanciering), stelt Axis. Ook maatregelen als verlenging van de studieduur sorteren weinig tot geen effect op de instroom. Bovendien bevestigen dergelijke maatregelen het imago dat bèta/techniek (te) moeilijk is. Hier moeten we juist van af. De vernieuwing van het onderwijs zelf moet de aandacht krijgen. Alleen dan kan de bèta/techniek op de langere termijn aantrekkelijk worden en blijven voor een grote groep jongeren. Het doel van de voorstellen dat in dit plan naar voren komt, is een brede creatieve beweging van onderop te laten ontstaan, zowel vanuit partijen binnen het onderwijs als vanuit het bedrijfsleven. De overheid zou deze beweging moeten ondersteunen. Er zou een gerenommeerde bèta/techniek ambassadeur met brede onderwijservaring moeten komen, die stimuleert en toeziet op de borging van doorlopende leerlijnen vanaf het basisonderwijs tot en met de arbeidsmarkt. Deze ambassadeur zou dan het 'bèta/techniek aanspreekpunt' moeten zijn voor het innovatieplatform onder leiding van de Minister President, aldus de voorstellen van Axis.

Van de projecten van Axis om het techniekonderwijs te verbeteren, zijn er 100 beschreven in 'Bèta/techniek verbeteren: 100 *good practices*' (Axis, 2002). De beschrijving van deze 100 projecten heeft Axis gerangschikt naar drie kern-elementen: (1) positieve beïnvloeding van keuzeprocessen bij studie- en beroepskeuze, (2) onderwijskundige vernieuwing bèta/techniek en (3) aantrekkelijk werken in bedrijf en beroep. Mijn onderzoek richt zich op onderwijskundige vernieuwing, vandaar dat ik deze projecten hier nader beschouw. In het kernelement (2) 'onderwijskundige vernieuwing met behulp van nieuwe didactiek' zijn door Axis 17 van de 100 *good practices* ingedeeld. De twee belangrijkste uitgangspunten bij deze didactische vernieuwingen zijn: de zelfstandigheid van de leerling/student en het beter gebruik van de ervaringen van de leerling/student. Bijna alle onderwijskundige projecten geven als vernieuwing aan dat ze starten met projectonderwijs, probleemgestuurd onderwijs of onderwijs dat gestuurd wordt door competenties die de leerling/student moet hebben om te kunnen slagen na het behalen van het diploma. Al deze *good practices* vergen veel aanpassingen in het onderwijs, omdat in de basisvorming van het voortgezet onderwijs veelal nog klassikaal wordt lesgegeven. Geen enkele *good practice* die Axis beschrijft, gaat in op een mogelijke verbetering van het traditioneel klassikaal lesgeven. Toch valt juist daar nog enorme vooruitgang te boeken.

Van de 100 *good practices* van Axis (2002) die onderwijskundige vernieuwing in de basisvorming willen doorvoeren zijn er twee projecten die *samenhangend onderwijs* aanbieden. De resultaten van deze projecten zijn beschreven in een afzonderlijk onderzoeksrapport van Axis getiteld 'Ruimte voor SONaTe'

(Samenhangend Onderwijs in Natuur en Techniek) (Geraedts *et al.*, 2001). Bij samenhangend onderwijs wil men in de basisvorming af van de zogenaamde *zap-cultuur*. Leerlingen hebben in de basisvorming een groot aantal verschillende vakken en al die vakken hebben ze slechts een klein aantal uren per week. Er wordt dus per week veelvuldig van vak en docent gewisseld. Zo vaak zelfs, dat de leerling de samenhang van verschillende vakken niet meer ziet. Bij het onderzoek naar samenhangend onderwijs werd vooral gekeken naar de mogelijkheid om onderwijsinstellingen voldoende vrijheid te geven in de basisvorming bij de invulling van het clustergebied *science*.

In de *good practices* van Axis die speciaal bestemd zijn om het aantal meisjes en vrouwen in het techniekonderwijs te verhogen, wordt niet gezocht naar onderwijskundige vernieuwing, maar vooral naar een goede voorlichting en naar het aansluiten bij bestaand enthousiasme. Ook het onderwijs emancipatiebeleid probeert al jaren om meisjes enthousiaster te maken voor exacte vakken. Dat al twintig jaar gevoerde beleid bespreek ik op hoofdlijnen in de volgende subparagraaf.

3.2.3 Onderwijs emancipatiebeleid

In de jaren tachtig van de vorige eeuw werd door het onderwijs emancipatiebeleid met slogans bij diverse voorlichtingscampagnes geprobeerd meisjes en vrouwen enthousiast te maken voor techniek en anders te laten kiezen. Bijvoorbeeld: 'Kies exact!', 'Kies met perspectief!', 'Vrouwen gevraagd voor mannenwerk!', 'Een slimme meid is op haar toekomst voorbereid!' De campagne van de landelijke overheid trachtte, door voorlichting te geven, meer meisjes voor een exacte studierichting te winnen. Deze actie is uiteindelijk niet geslaagd. De indrukken van een reclamecampagne zijn natuurlijk ook niet voldoende om meer meisjes een exacte studie te laten volgen. Eerder zijn er nieuwe onderwijskundige methoden nodig om de wettelijk vastgelegde emancipatiedoelstellingen om deelname van meisjes aan exacte vakken te bereiken. Eén van die nieuwe methoden kwam van het HEWET-project, 'HERverkaveling Wiskunde Een en Twee'. De werkgroep 'Vrouwen en Wiskunde' ontwikkelde wiskundelesmateriaal dat dichter bij de belevings- en ervaringswereld van meisjes stond (Meeder en Meesters, 1984). Mede door dit nieuwe lesmateriaal werd de wiskunde in 1986 door de landelijke overheid wettelijk geherstructureerd. De inhoud van de vakken wiskunde I en II werd gehergroepeerd: wiskunde I en II werden wiskunde A met een contextrijke inhoud en wiskunde B met de abstractere inhoud. Dit werd gedaan in de hoop dat meer meisjes wiskunde zouden kiezen. Dat was niet het geval: zelfs nog minder meisjes kozen het vak wiskunde dan daarvoor. Uit cijfers die de Vereniging Vrouwen en het Hoger Technisch Onderwijs publiceerde, blijkt dat er sinds 1989/1990 een lichte stijging was in het percentage techniekstudenten van 14 naar 17%. Maar in 1999-2000 is dat percentage weer gedaald naar 16 procent (MinOCenW, 2002). De ingezette stijging in de jaren na 1990 aangaande het percentage vrouwen dat techniek studeert, is dus niet gecontinueerd. Uit deze cijfers blijkt dat het percentage vrouwen dat een vervolgstudie binnen de techniek

kiest, al jaren bijzonder laag is, ondanks de inspanningen van de overheid om dit percentage te verhogen.

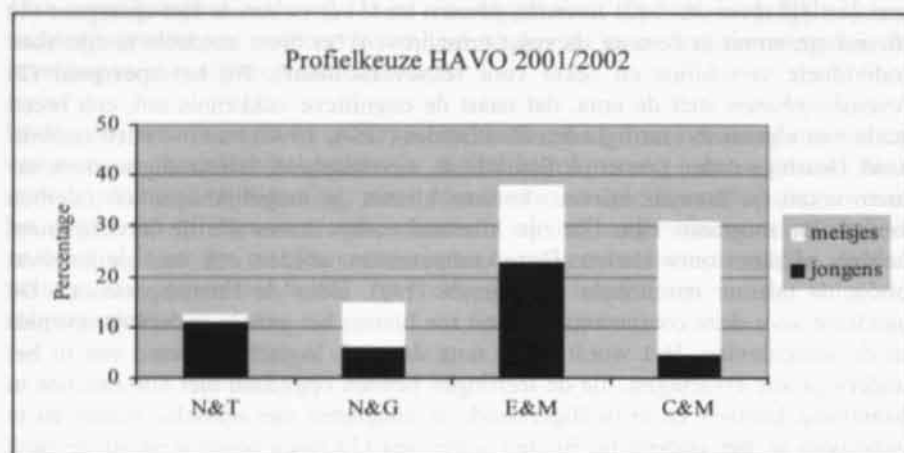
Na de overheids campagnes en het HEWET-project verscheen de 'Emancipatienota 1998-2002' (MinOCenW, 1998) waarin drie speerpunten van het beleid worden genoemd om zoveel mogelijk aan te sluiten bij het leren van meisjes: (1) *diversiteit*, (2) *levensloopbanen* en (3) *leren leren*. Het speerpunt (1) *diversiteit*, wordt in de nota als volgt omschreven: "er dient aandacht te zijn voor individuele verschillen en zeker voor sekseverschillen". Bij het speerpunt (2) *levensloopbanen* stelt de nota, dat naast de cognitieve vakkennis ook een breed scala van algemene vaardigheden en attitudes (OSA, 1998) moet worden ontwikkeld. Daarbij worden genoemd: flexibiliteit, weerbaarheid, zelfstandig werken, samenwerken, je kunnen inleven, kunnen kiezen, je mogelijkheden en talenten kennen en zorgzaam zijn. Dit zijn allemaal competenties die de leerling moet hebben of moet ontwikkelen. Deze competenties worden ook wel samengevat onder de noemer emotionele intelligentie (EQ), aldus de Emancipatienota. De aandacht voor deze competenties neemt toe binnen het gehele onderwijs, evenals in de samenleving. Het wordt in de nota dan ook logisch genoemd om in het onderwijs alle ervaringen, die de leerlingen hebben opgedaan met hun emoties in baan(tjes), hobby's en vrijwilligerswerk, te integreren met schoolse kennis en te gebruiken in het onderwijs. Bij het speerpunt (3) *leren leren* staat in de nota vermeld dat men die doelstelling wil bereiken met behulp van het Studiehuisconcept. Daarbij is het de bedoeling, dat het Studiehuisconcept leerlingen de mogelijkheid biedt zich verder te bekwamen in het leren leren door een andere didactische aanpak. Vormen van project onderwijs (PO) en probleemgestuurd onderwijs (PGO) doen daar hun intrede. De veronderstelling is dat deze vormen van onderwijs de positie van meisjes versterken, omdat deze werkvormen een beroep doen op sociale vaardigheden, teamwork en verantwoordelijkheidsgevoel. Meisjes hebben daarin vaak een voorsprong. Verder wordt er in de Emancipatienota een pleidooi gehouden voor de invoering van het Studiehuis om het anders zijn van meisjes in het voortgezet onderwijs tot zijn recht te laten komen. In het Studiehuis kunnen de leerlingen zelfstandig werken en dat zou beter aansluiten bij de grote diversiteit van leerlingen.

Door aandacht te schenken aan deze speerpunten, willen de bedenkers van het emancipatiebeleid bereiken dat meer meisjes in de basisvorming voor een technisch profiel kiezen. De jongste ontwikkelingen in de opzet van de profielen in het Studiehuis zijn echter ongunstig zoals ik in de volgende subparagraaf beschrijf.

3.2.4 Overheid kiest voor een kenniseconomie zonder β -kennis

Bij de invoering van het Studiehuis in 1998 heeft de overheid ook de inhoud van de profielen in het voortgezet onderwijs bepaald. In het Studiehuis kunnen de leerlingen na de basisvorming kiezen uit vier profielen: natuur&techniek (N&T), natuur&gezondheid (N&G), economie&maatschappij (E&M) en cultuur&maatschappij (C&M). Uit de cijfers van de profielkeuze van het HAVO in het stu-

diejaar 2001/2002 die zijn weergegeven in figuur 3.3 (bron: CBS, 2003) blijkt dat het profiel N&T slechts door 12% van de leerlingen werd gekozen en van dat lage percentage van 12% was slechts 9% meisje. De verwachting was dat door dit Studiehuisconcept meer meisjes het profiel N&T zouden kiezen dan met het oude systeem van exacte vakkenpakketten. Dit bleek echter niet zo te zijn.



Figuur 3.3: profielkeuze HAVO 2001/2002 voor meisjes en jongens (bron: CBS, 2003).

Oorspronkelijk was het de bedoeling dat het profiel N&T als enige toegang zou geven tot technische vervolgopleidingen, maar het aantal leerlingen - meisjes en jongens - dat voor het profiel N&T koos, viel zo tegen dat de instroom van technische vervolgopleidingen in gevaar kwam. Daarom werd besloten ook leerlingen met het profiel N&G zonder meer toegang te verlenen tot technische vervolgopleidingen. Van alle leerlingen koos 15% het profiel N&G, waarvan 57% meisje was. Ondanks het feit dat de instroommogelijkheden naar technische vakken aanzienlijk verruimd waren, is het percentage meisjes, dat voor een technische studie kiest, afgelopen jaren toch gedaald naar 16%. Het blijkt dus dat meisjes, zelfs met het Studiehuisconcept en bij verruiming van de instroomeisen, niet in een groter aantal een technische studie kiezen.

Na het nemen van de beslissing om de instroomeis voor technische studies te verruimen, heeft de overheid gemeend nog meer veranderingen te moeten doorvoeren. Op 9 januari 2003 heeft de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen op een persconferentie de nota 'Ruimte laten en keuzes bieden in de Tweede Fase HAVO en VWO' (MinOCenW, 2003) gepresenteerd. In deze nota ontvouwt de minister de plannen van het kabinet met het voortgezet onderwijs. De minister wil vasthouden aan het invoeren van wijzigingen die vooral neerkomen op verlichting van het onderwijsprogramma en op vergroting van de keuzevrijheid voor de scholieren. Het aantal beschikbare uren voor de profielen wordt fors gereduceerd. Dat kunnen leerlingen weliswaar compenseren met een nieuw keuzevak (voortgezette natuurwetenschappen), maar door deze keuzevrijheid zullen toch veel leerlingen minder onderwijs in de bètavakken krijgen. Door deze maatregel wordt de positie van de bètavakken in het voortgezet

onderwijs nog verder teruggebracht dan al gebeurd is bij de onderwijsvernieuwing van 1998, toen de tweede fase met het Studiehuis werd ingevoerd.

Om weerwerk te bieden aan deze plannen is al in de zomer van 2002 het Nederlands Platform voor Natuurkunde (NPN) opgericht. Dit platform is een samenwerkingsverband van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging (NNV), de Kamer Natuurkunde (van de VSNU), de Raad voor Natuur- en Sterrenkunde (van de KNAW), de Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON), de Nederlandse Astronomenclub en het instituut voor Fundamenteel Onderzoek van de Materie (FOM). Op dezelfde dag dat de minister haar plannen presenteerde, sprak de NPN (2003, zie www.nnv.nl) haar teleurstelling uit over nieuwe onderwijsplannen in een persbericht getiteld: 'Bèta moet!' De actie is ingegeven door grote zorg over de kwaliteit van het Nederlandse (middelbare) onderwijs en over de instroom in de bètastudies en de technische opleidingen aan de Nederlandse universiteiten, zo schrijft het NPN. Dit gaat ten koste van een degelijke voorbereiding op vervolgstudies, één van de redenen om de profielstructuur in te voeren. Natuurkunde verdwijnt als profielvak in het N&G-profiel: rampzalig voor wie geneeskunde, biologie, medische biologie, diergeneeskunde en tandheelkunde willen gaan studeren, aldus nog steeds het persbericht van het NPN. Het is een trendbreuk die volstrekt niet op inhoudelijke argumenten is gebaseerd. "Exit exact," schrijft het NPN. "Leerlingen die in klas 4-vwo kiezen voor het profiel N&G komen na de basisvorming niet meer in aanraking met natuurkunde en sluiten daarmee een aantal technische en natuurwetenschappelijke studies uit. Vooral meisjes zullen verder ontmoedigd worden voor een studie in bèta/techniek. Het aantal meisjes met natuurkunde in het eindexamenpakket gaat dalen, in het ergste geval van de huidige 40% (N&G+N&T) naar 7% (N&T). De maatregelen staan haaks op de toenemende behoefte aan hoger opgeleiden met een harde bèta-achtergrond. Tal van studierichtingen, waartoe het huidige N&G-profiel wel toelating biedt, worden in de toekomst daarmee voor meisjes afgesneden. Dat is geen keuzeverruiming, maar juist een beperking van de keuzemogelijkheden", zo betoogt het NPN. Er is, ook aan de kant van de grote multinationals, grote zorg over het kennisniveau en de beschikbaarheid van bèta- en technisch talent in Nederland. Dit kan niet anders dan grote consequenties hebben voor de hoogwaardige werkgelegenheid in Nederland en voor de concurrentiekracht van Nederland op de internationale kennismarkt. Het NPN vervolgt dan ook met: "Het NPN roept op tot groot protest tegen deze verkwanseling van het Nederlandse onderwijs in de bètavakken en in de technische opleidingen. Leraren en ouders: verheft uw stem en eist goed onderwijs! Bèta is geen luxe. Bèta moet!"

De definitieve voorstellen van minister van onderwijs met betrekking tot de profielen in de tweede fase van het voortgezet onderwijs, op 4 december 2003 naar de Tweede kamer gestuurd, hebben opnieuw tot grote verontwaardiging en ongerustheid geleid in de Nederlandse bètawereld. Deze voorstellen komen neer op een drastische verlichting van de twee natuurprofielen (N&G en N&T) door een zeer sterke reductie van de ruimte, vooral in het VWO, voor de typische bètavakken, met name wiskunde (minus 32% in N&T), ANW (minus 40%) en natuurkunde (minus 15% in Natuur & Techniek). Natuurkunde verdwijnt zelfs helemaal als verplicht vak uit het profiel N&G. Het allerergste vindt het NPN dat

de nu voorgestelde verlichting van de natuurprofielen haaks staat op de heersende mening in de politiek dat innovatie en kennismaatschappij juist gestimuleerd moeten worden. "Binnenkort een Deltaplan Bèta-Techniek uitbrengen is weinig geloofwaardig als op voorhand het niveau van het onderwijs in de bètavakken op havo en vwo sterk verlaagd wordt. Nederland Kennisland kun je nu wel vergeten!" zo schrijft het NPN in een persbericht van 8 december 2003. Op initiatief van het NPN en de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren (NVvW) kwam de bètawereld met een tegenvoorstel in de vorm van een bètamotie. Deze motie heeft ook de steun verworven van de meeste bètaberoepsverenigingen, de medische opleidingswereld en de technische universiteiten. De bètawereld doet daarin een dringend beroep op de politiek, en met name op de leden van alle politieke partijen in de Tweede Kamer, om het voorstel van de minister te amenderen conform de bètamotie.

Kortom, door de lage aantallen leerlingen bij de technische profielen te accepteren, lijkt de overheid ervoor te kiezen deze profielen minder samenhangend te maken. Daardoor zullen vakken vervallen en zal de diepgang verminderen, aangezien ook het aantal uren nog terugloopt. In de verandering van een geïndustrialiseerde maatschappij naar een kennismaatschappij kiest de overheid dus voor een kenniseconomie met minder bètakennis. In de volgende paragraaf verken ik de actuele opvatting van de invloed van een veranderende samenleving op het onderwijs.

3.2.5 *Het nieuwe leren in een veranderende samenleving*

De Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT) heeft in samenwerking met de Commissie van Overleg Sectorraden onderzoek en ontwikkeling (COS) in het najaar van 2000 een Verkenningscommissie 'Kennis van educatie 2010' ingesteld. Doel van de verkenning is - op basis van inzicht in relevante veranderingen in de omgeving van het onderwijssysteem - prioritaire kennisvragen te identificeren die naar verwachting belangrijk zullen zijn voor de toekomstige ontwikkeling van dit systeem. De invalshoek van de verkenning is macro en lange termijn gericht: met welke maatschappelijke ontwikkelingen krijgt de school te maken? Hoe beïnvloeden de snelle maatschappelijke ontwikkelingen het onderwijsland? Weten we in het onderwijsveld straks, in 2010, genoeg van maatschappelijke kennisvragen om straks aan de behoefte van de samenleving te kunnen voldoen? Naar welke thema's moet, gelet op de toekomst, meer onderzoek worden gedaan? In 2002 is het verkenningsrapport 'Schoolagenda 2010' (AWT, 2002a) verschenen. Dit verkenningsrapport is opgedeeld in thema's. Voor elk thema is een expert gevraagd een essay te schrijven om aan te geven met welke ontwikkelingen in 2010 rekening moeten worden gehouden. Ik bespreek hieronder het thema van het *nieuwe leren* dat gebaseerd op het essay van De Vijlder (AWT, 2002b).

Bij zijn weergave van de veranderende samenleving verwijst De Vijlder (AWT, 2002b) naar het rapport van Schnabel (2000), een sociale en culturele verkenning voor de langere termijn. Schnabel merkt in zijn rapport op, dat er in de

samenleving duidelijke overgangen plaatsvinden die van invloed zijn op het onderwijs. In de oude situatie ziet de samenleving de mens als een nummer dat geteld kan worden. De samenleving is daarbij vooral gericht op het collectief, waarin iedereen een gelijke behandeling krijgt. Het onderwijs in deze samenleving wordt klassikaal gegeven en is voornamelijk gericht op het verkrijgen van cognitieve kennis die gebruikt kan worden in de studieloopbaan. De bedoeling van deze zienswijze is dat ieder individu gelijk behandeld wordt en daardoor gelijke kansen krijgt, zonder aanzien des persoons. Schnabel stelt dat deze samenleving gericht is op - wat hij noemt - kwantitatief individualisme. Volgens hem vindt er de laatste decennia een duidelijke overgang plaats van kwantitatief naar kwalitatief individualisme. De collectieve benadering, met voor iedereen een gelijke behandeling, verandert naar een benadering die tegemoet komt aan de specifieke wensen van ieder individu. Voor het onderwijs, zo verwacht De Vijlder naar aanleiding van de gedachtegang van Schnabel, betekent dit minder nadruk op de klassikale benadering en een streven naar een flexibele aanpak die inspeelt op individuele wensen. In de nieuwe samenleving wordt vooral gelet op de verschillen tussen mensen, waardoor het accent komt te liggen op diversiteit. Een verschuiving treedt op van de nadruk op een cognitieve oriëntatie naar een emotionele en sociale oriëntatie. De aandacht ligt daarbij op de emotionele en sociale aspecten die nodig zijn voor het functioneren in de maatschappij.

De sleutel tot het goed kunnen functioneren in de samenleving is intensieve aandacht voor de unieke karakteristieken van de persoon, haar individueel profiel, haar leerstijlen, angsten, ervaringen en persoonlijk doelen, aldus verwijst De Vijlder in zijn essay naar Gardner (2000). Gardner verzet zich ertegen intelligentie te zien als een getal, dat wordt verbonden aan meetbare items die in essentie allemaal zijn terug te voeren op taal- en rekenvaardigheden. Hij spreekt dan ook niet over intelligentie, maar over *een* intelligentie. Intelligenties zijn *potentials* die wel of niet geactiveerd kunnen worden, afhankelijk van de waarden in een bepaalde cultuur, de beschikbare kansen in die cultuur en de persoonlijke beslissingen van het individu en de directe sociale omgeving. Gardner benadrukt dat naast de meetbare cognitieve intelligenties ook bijvoorbeeld de emotionele en sociale intelligenties geactiveerd dienen te worden in het leerproces om het individu goed te kunnen laten functioneren in de samenleving. Dit leidt tot een andere vorm van kennisproductie.

Door de veranderende samenleving ontstaat een veranderende manier van kennisproductie in het onderwijssysteem. De Vijlder (2002b) stelt, dat in onze geïndustrialiseerde samenleving het onderwijs vaak wordt voorgesteld als productieproces. In deze onderwijsfabriek zijn leerlingen een grondstof waarbij met een bepaald rendement een eindproduct wordt gemaakt. De leerling wordt daarbij eerder als willoos object gezien dan als zelfstandig individu en er wordt onderscheid gemaakt tussen het echte leren dat je in het onderwijs doet en het informele leren daarbuiten. Informeel leren stelde niet echt iets voor in het oude leren. Om in de nieuwe kennissamenleving los te komen van dit beeld is in de jaren zeventig van de vorige eeuw de term educatie bedacht, maar ook de term educatie blijft associaties oproepen met een vooraf geprogrammeerd, aanbodgestuurd proces. Als kennis en vaardigheden bij voortdurend in beweging zijn, wat hebben we dan aan onderwijs dat daar als zelfstandige eenheid buiten

staat? Wat hebben we aan mensen die de vaardigheden en kennis van de wereld van gisteren beheersen, terwijl ze niet over de sociale en emotionele vaardigheid beschikken om voor de wereld van morgen te leren? Het onderwijs moet mensen ondersteunen in het aansprekend organiseren van leerprocessen in relatie tot hun directe toepassing. Soms gebeurt dat in een natuurlijke omgeving, maar op een aantal momenten ook in een specifiek gecreëerde leeromgeving. Het gaat erom nieuw evenwicht te zoeken tussen aan de ene kant leren in de school, de methoden die daarin gebruikt worden en de inhoud die daarin worden overgedragen, en aan de andere kant de lichtvoetiger organisatie van leerprocessen daarbuiten. Vroeger lag kennis als *stockgood* opgeslagen in de universiteit en werd het via toepassingsgericht onderzoek ontsloten en naar de samenleving gebracht volgens een lineair model. Vandaag de dag zijn de voorraden, de vermeerdering en de toepassing van kennis gedynamiseerd. Kennis is een dynamisch *flowgood* geworden dat snel circuleert. Met behulp van (multi)media en computers kunnen problemen dynamisch opgelost worden en kan kennisintensief werk snel worden gedaan. In het onderwijs vindt daardoor een verandering plaats van kennis, die vanuit de wetenschap wordt overgedragen, naar kennis waar de leerling behoefte aan heeft en waar de leerling naar vraagt, aldus de Vijlder.

Bij de veranderende kennisproductie past een veranderende vorm van leren. Gibbons *et al.* (1994) noemen de oude vorm van leren het *modus 1* leren. Thans verschuift het *modus 1* leren naar het *modus 2* leren. De verschuiving vindt plaats door de grotere invloed van (1) de samenleving, (2) contextrijke leeromgevingen, (3) samenhangend onderwijs, (4) heterogeniteit en (5) informeel leren. De verschuivingen van het *modus 1* naar het *modus 2* leren zijn in de volgende verschuivingen samen te vatten:

1. De samenleving komt de school binnen: 'Kwaliteitscriteria die ontleend worden aan de interne onderwijskundige standaarden' verschuift naar 'kwaliteit die wordt afgemeten aan impact op de samenleving'.
2. Contextrijke leeromgevingen genieten de voorkeur: 'Leren op basis van in het onderwijs ontwikkelde conventies, leermethoden en leerinhouden' verschuift naar 'leren in de context van de directe toepassing'.
3. Samenhangend onderwijs is het ideaal: 'Georganiseerd naar leerstofgebieden, eventueel als basis voor projecten' verschuift naar 'kennis en vaardigheden niet zonder meer te herleiden tot afzonderlijke leerstofgebieden'.
4. Heterogeniteit is gewenst: 'Homogeniteit en voorspelbaarheid in de methoden en de organisatie' verschuift naar 'heterogeniteit in de methoden en de organisatie'.
5. Buitenschools leren heeft meer invloed op het leerproces: 'Relatie tussen leren en samenleving is volgtijdelijk en indirect' verschuift naar 'leren is in tijd en impact direct verweven met andere activiteiten'.

De Verkenningcommissie stelt in haar rapport *Schoolagenda 2010* (AWT, 2002a) dat de verschuiving van het *modus 1* naar het *modus 2* leren de veranderingen in het onderwijs bij een nieuwe kennisconceptie adequaat weergeeft. Vanuit onderwijswetenschappen is er veel belangstelling voor de rol die buitenschoolse kennis speelt bij het leren op school. Er wordt in dat geval gesproken van het *nieuwe leren*, dat betrekking heeft op: leren leren, zelfstandig leren, kennisnavigatie en competentieontwikkeling. We bevinden ons nu in een over-

gangssituatie van de traditionele modus 1 school naar een school waarin beide modi voorkomen, aldus de Verkenningcommissie. Zo heeft het Studiehuis in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs bijvoorbeeld al veel modus 2 kenmerken in zich. In het funderend onderwijs, zoals de basisvorming, gaat het proces echter langzaam; daar vindt hoofdzakelijk nog traditioneel onderwijs plaats. De Verkenningcommissie wijst er met nadruk op dat zij in dit funderend onderwijs geen radicale overgang verwacht van het traditionele naar het nieuwe type. Een grote uitdaging noemt de Verkenningcommissie dan ook het vinden van een nieuwe didactiek met een helder didactisch concept: welke leermiddelen, lesmethoden en werkvormen moeten ontwikkeld worden om zelfstandig leren optimaal te bevorderen? Enkele prioritaire kennisvragen die de Verkenningcommissie zich stelt, luiden als volgt: Wat vraagt zelfstandig leren van de leerlingen? Over welke competenties moeten de leraren beschikken? Hoe verwerven zij deze?

De vragen van de Verkenningcommissie (AWT, 2002a) sluiten naadloos aan bij mijn onderzoek. Dit onderzoek wil een didactiek bieden die gebruikt kan worden in het traditionele klassikaal onderwijs en die het nieuwe leren ondersteunt. In het nieuwe leren treedt een verschuiving op waarbij het informele leren en het gebruik van emotionele en sociale intelligentie een grotere invloed heeft. Ik verwacht dat dit nieuwe leren goed aansluit bij de manier waarop meisjes leren. In de volgende paragraaf toon ik aan, dat de hierboven genoemde kenmerken van het *nieuwe leren* gevolgen hebben voor het welbevinden van meisjes in het onderwijs. Eerst verken ik evenwel de stand van onderzoek op het gebied van gender en onderwijs.

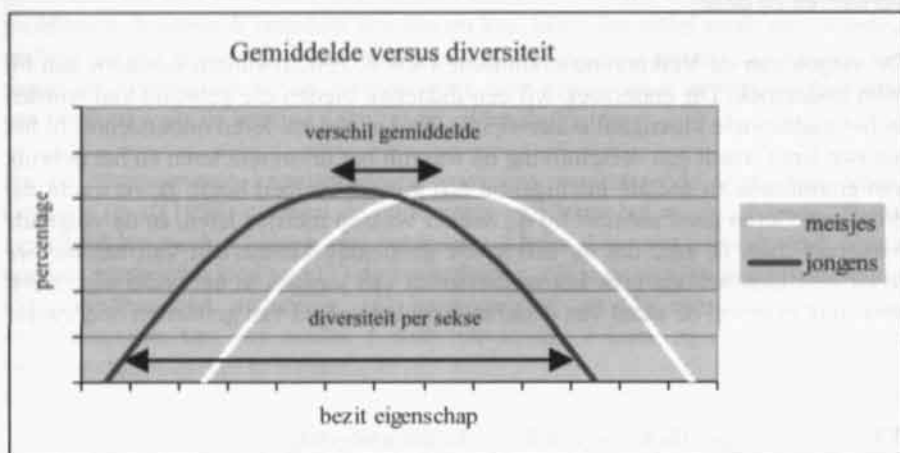
3.3 Genderspecifieke ingrediënten in het onderwijs

In deze paragraaf bespreek ik de genderspecifieke ingrediënten voor onderwijs, zoals deze in diverse onderzoeken gevonden zijn. Allereerst geef ik in 3.3.1 aan dat ik in mijn hele onderzoek sekseverschil aanduid als het verschil tussen het gemiddelde van meisjes en jongens. Ik benadruk dat dit sekseverschil veel geringer is dan de diversiteit binnen een sekse. In 3.3.2 bespreek ik een genderspecifiek ingrediënt in het onderwijs waarop het beleid al jaren gericht is: leren vanuit een contextrijke leeromgeving. Daarna beschrijf ik in 3.3.3 dat de leerstijlen van meisjes en jongens heel divers zijn. De verschillen binnen een van die stijlen, de cognitieve, tussen meisjes en jongens zijn echter gering. Het grootste verschil blijkt te zijn dat meisjes vaker de reproductieve leerstijl volgen dan jongens. In 3.3.4 betoog ik dat het verschil in leerstijl tussen meisjes en jongens hoofdzakelijk wordt veroorzaakt door het verschil in zelfbeeld. Meisjes blijken een lager zelfbeeld ten aanzien van hun score te hebben dan jongens.

3.3.1 Diversiteit per sekse is groter dan sekseverschil

In de leer- en lesmethode die ik in dit onderzoek ontwikkel, wijs ik vaak op het verschil tussen meisjes en jongens. Daarmee wil ik geen van elkaar gescheiden

seksegroepen creëren, maar slechts relatieve en gemiddelde verschillen aangeven. Heymans (1910) waarschuwde al in het begin van de vorige eeuw dat het sekseverschil tussen meisjes en jongens een - vaak klein - verschil is tussen gemiddelden en dat dit verschil zeker niet toepasbaar is op alle individuen van de betrokken groepen. Als voorbeeld is in figuur 3.4 van een willekeurige eigenschap het percentage weergegeven waarin meisjes en jongens deze eigenschap bezitten. Het gemiddelde ligt respectievelijk bij de toppen van beide krommen. Het sekseverschil van de gemiddelden ligt niet ver uit elkaar. Het verschil tussen de meisjes onderling is veel groter dan het sekseverschil tussen de gemiddelden van de meisjes en de jongens. Dit geldt ook voor de onderlinge verschillen tussen jongens. De diversiteit binnen een seksegroep is dus veel groter dan het sekseverschil. De resultaten van mijn onderzoek hebben dus (nogmaals gezegd) betrekking op het gemiddelde sekseverschil en niet op één leerling.



Figuur 3.4: van een willekeurige eigenschap is de diversiteit bij meisjes en jongens even groot en de gemiddelden verschillen weinig (Heymans, 1910).

3.3.2 Gebruik van de contextrijke ervaringswereld

Al decennia lang al streeft de overheid naar een beleid waarin leren in een contextrijke leeromgeving wordt aanbevolen als genderspecifiek ingrediënt om meer meisjes aan te spreken. In 1993 ging de basisvorming van start. De inhoudelijke wijzigingen lagen in de lijn van aanbevelingen voor *meisjesvriendelijk* onderwijs: meer aandacht voor natuurkunde in het dagelijks leven, een meer kwalitatieve aanpak, relatie met de beroepspraktijk en aandacht voor andere dan cognitieve vaardigheden (MinOCenW, 1989). Precies de richting die het nieuwe leren aangeeft. Bij de tweede herziening in 1998 zijn de kerndoelen niet fundamenteel gewijzigd. Wel kwam tevens een accent te liggen op de verbetering van de samenhang tussen de vakken. Ondanks dit beleid kiezen nog steeds weinig meisjes voor techniek. Hebben meisjes geen belangstelling voor techniek?

Een project in de techniek waar van de kant van meisjes wel grote belangstelling voor bestaat, is het succesvolle Technika10. Dit project heeft als doel meisjes bekend te maken met techniek. Het richt zich op meisjes van 10 tot 12 jaar die één middag in de week technische opdrachten uitvoeren. De opdrachten zijn praktisch van aard, zoals het maken van een bel die automatisch klinkt als je op de deurmat gaat staan. In deze groepen wordt zeer enthousiast geknutseld door zo'n 10.000 meisjes in het land. Na een aantal jaren van succes zijn er ook groepen gekomen van 12 tot 15 jaar. Het enthousiasme is groot. Toch blijkt in het onderzoek 'Techniek: leuke hobby, saaie baan?' van Van Eck en Volman (1999) dat het aantal enthousiaste meisjes dat vervolgens een exacte studie gaat volgen niet hoger wordt, want ze vinden de studie te saai. In de informele leeromgeving blijken de meisjes dus belangstelling te hebben voor techniek, maar in de schoolse leeromgeving spreekt de techniek niet aan.

Uit onderzoek van Wolters (2001) blijkt, dat als je wilt dat exacte vakken meisjes wel aanspreken, je deze vakken minder abstract moet maken. Met het minder abstract maken wordt onder andere bedoeld dat meisjes op een concrete manier met het vak omgaan. Bijvoorbeeld bij het behandelen van de wet van Ohm wordt gevraagd de grootte van een weerstand te berekenen als de spanning en stroomsterkte gegeven zijn. Dit kan op het schoolbord kort worden weergegeven als: $R = ?$ als V en I zijn gegeven. Jongens rekenen meestal braaf uit wat gevraagd wordt, zonder zich om het begrip R te bekommeren. Meisjes zijn daarentegen eerder geneigd zich af te vragen wat het begrip R nu eigenlijk voorstelt, zonder zich druk te maken over de grootte van R . Anders gezegd: in het algemeen willen de meisjes niet alleen 'bereken de grootte van'-vragen beantwoorden, maar willen ze ook een inhoudelijke discussie voeren. Met minder abstract wordt verder bedoeld dat meisjes concreet het maatschappelijk en menselijk nut van de exacte vakken willen zien.

Zowel uit de richtlijnen van de overheid als uit de onderzoeken komt naar voren dat een contextrijke leeromgeving meisjes aanspreekt. Meisjes willen graag leren in een brede contextrijke wereld die ze herkennen, dus vanuit hun ervaringswereld. De invloed van dit genderspecifieke ingrediënt op gehanteerde leerstijlen bespreek ik in de volgende paragraaf.

3.3.3 Diversiteit aan leerstijlen

Volgens Severiens, Ten Dam en Nijenhuis (1998a) is één van de weinige modellen die de genderverschillen in leerstijlen naar voren brengt, het *Epistemological Reflection model* van Baxter Magolda (1992). Het model gaat uit van vier stadia van denken bij de leerling. De stadia zijn hiërarchisch geordend en luiden: (1) *absolute knowing*, (2) *transitional knowing*, (3) *independent knowing* en (4) *contextual knowing*.

- 1) Bij het eerste stadium, *absolute knowing*, veronderstellen leerlingen dat kennis waar is of niet waar: je weet iets wel of je weet iets niet en de antwoorden zijn goed of fout. In dat stadium veronderstellen leerlingen dat docenten autoriteiten zijn op hun vakgebied en dat zij de goede onderwerpen kiezen om

te onderwijzen. Dit stadium gaat uit van feiten. Er zijn twee patronen te herkennen: het *receiving* patroon, waarbij wordt geluisterd naar de informatie die wordt ontvangen van de docent zonder reactie te geven en het *mastering* patroon, waarbij wel interactie plaatsvindt door vragen te stellen of eigen ideeën te geven. Het verschil tussen deze twee patronen is vooral verbaal.

- 2) In het tweede stadium, *transitional knowing*, is er sprake van een overgang. De leerling begint zich te realiseren dat autoriteiten niet alles weten en zeker niet alles zeker weten. Kennis wordt nu gezien als ten dele zeker en ten dele onzeker. Het begrijpen wordt nu belangrijker dan alleen het kennen van feiten en de discussie over zekerheden en onzekerheden met medeleerlingen wordt in dit stadium belangrijker. Ook hier zijn twee patronen te onderscheiden: het *interpersonal* patroon, waarbij leerlingen alle ideeën, ook van anderen, voor waar aannemen en zien als gelijkwaardig, als de eigen ideeën en het *impersonal* patroon, waarbij kennis en feiten door een expert moeten worden beoordeeld.
- 3) Het derde stadium, *independent knowing*, gaat er vanuit dat kennis vooral onzeker is en dat je zelf beslist wat waar is en wat niet. In dit stadium worden de leerlingen onafhankelijke denkers, waarbij de meningen uit de omgeving vaak heel belangrijk zijn om een eigen mening te vormen. Ook bij dit stadium horen twee patronen: het *interindividual* patroon, waarbij de hulp van de omgeving of van een docent doorslaggevend kan zijn en het *individual* patroon, waarbij leerlingen het liefst, zonder invloed van buiten, hun eigen weg gaan.
- 4) Het vierde stadium is *contextual knowing*, waarbij kennis niet alleen zeker of onzeker is maar kan variëren afhankelijk van de context.

Met behulp van het model van Baxter Magolda hebben Severiens, Ten Dam en Nijenhuis (1998a) een interviewstudie gedaan, waaruit bleek dat veel vrouwen van het stadium *absolute knowing* het *receiving* patroon gebruiken, van het stadium *transitional knowing* het *interpersonal* patroon en van het stadium *independent knowing* het *interindividual* patroon. Deze patronen samen leiden tot een de volgende houding van de leerling: stil luisteren naar de waarheid van anderen en de omgeving accepteren. De meeste mannen gebruiken in ieder stadium juist het andere patroon, namelijk respectievelijk het *mastering*, *impersonal* en *individual* patroon. Mannen vertolken dus graag hun eigen mening, vragen of ze zelf gelijk hebben en gaan bij twijfel hun eigen gang. Uit dit onderzoek blijkt, dat ook in het denken over onderwijs binaire opposities bestaan, nu zijn het die van *mastering/receiving*, *individual/interindividual* en *impersonal/interpersonal*. De mannen zouden zich relatief meer volgens de eerstgenoemde eigenschap gedragen, de vrouwen volgens de tweede. Het huidige onderwijs in modus 1 leren gaat vooral uit van deze eerste, nu overheersende, eigenschappen. Het modus 2 leren gaat uit van de tweede groep van eigenschappen, die dus de minder gewaardeerde helft vormen van genoemde opposities. Door de veranderende samenleving en de daarbij veranderende kennisconceptie wordt verwacht (AWT, 2002a) dat tegenwoordig de tweede, in de opposities genoemde, eigenschappen de betere zijn om goed te leren. Vrouwen ervaren mogelijk dus een voorsprong bij het nieuwe leren, omdat dit aansluit bij hun patroon van leren.

Meerdere onderzoekers hebben de laatste decennia gezocht naar verschillen in leerstijl tussen meisjes en jongens met behulp van de 'Approaches to Studying Inventory' (ASI) van Entwistle (1981). Deze indeling van leerstrategieën gaat uit van vier oriëntaties: (1) de *meaning orientation*, (2) de *reproducing orientation*, (3) de *achieving orientation* en (4) de *non-academic orientation*.

- 1) De *meaning orientation* is een betekenisgerichte leerstrategie, die met behulp van veel vragen van de leerling in een diepe verwerking van de stof resulteert. Het doel is zowel de feiten en begrippen te zien, als ook de relaties ertussen en zelfs ook verbanden buiten de eigenlijke context. De motivatie is hoofdzakelijk van intrinsieke aard.
- 2) De *reproducing orientation* is een reproductieve leerstrategie, die vooral uitgaat van het memoriseren van door docenten aangereikte literatuur. Er bestaat bij de leerling door de hang naar grote zorgvuldigheid een bovenmatige aandacht voor details en een grote faalangst om niet aan het gevraagde niveau te voldoen.
- 3) De *achieving orientation* is een prestatiegerichte leerstrategie, die een strategische manier van leren impliceert om aan de vraag van de docenten te voldoen. De motivatie van de leerling is competitief en de leerling heeft een groot vertrouwen op de goede afloop.
- 4) De *non-academic orientation* is de niet-academische leerstrategie, die ongeordend is, waarbij vaker over teksten wordt heen gelezen en (te) snel conclusies worden getrokken. De motivatie is vooral extrinsiek van aard door de mogelijkheden die het te behalen diploma biedt.

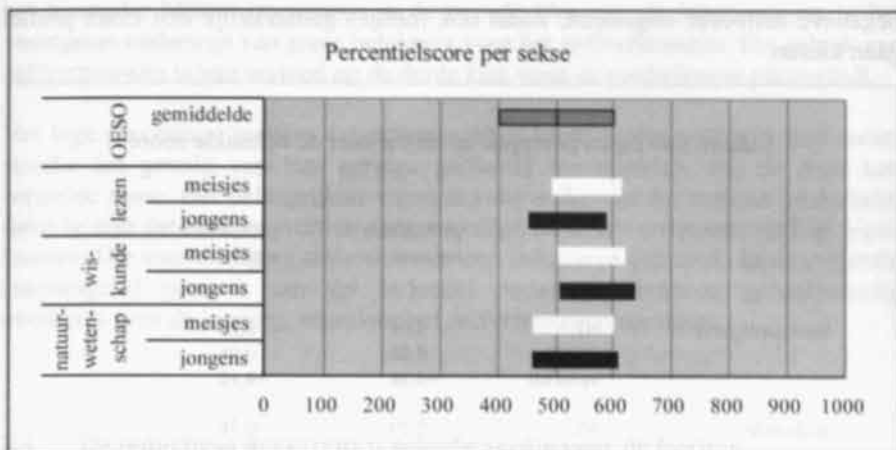
Severiens en Ten Dam (1998b) hebben een meta-analyse uitgevoerd over 22 verschillende studies die allemaal met behulp van de ASI-indeling van Entwistle naar leerstijlverschillen tussen meisjes en jongens zochten. Het verschil in uitkomst van de 22 studies was groot. In de meta-analyse viel vooral op dat sekseverschillen lang niet alle studies naar voren kwamen. Ook bleken leerstijlverschillen tussen meisjes onderling groter te zijn, dan de verschillen tussen leerstijlen van de gemiddelden van meisjes en jongens, hetgeen al in 3.3.1 met figuur 3.4 werd geïllustreerd. Uit de meta-analyse kwam naar voren, dat geen verschil in leerstijl werd gevonden tussen meisjes en jongens bij de (1) betekenisgerichte en (3) prestatiegerichte leerstrategieën. Bij de (4) niet-academische leerstrategie werd in sommige studies slechts een klein verschil gevonden. Als er een verschil werd gevonden, dan bleken jongens deze ongeordende leerstrategie vaker te gebruiken dan meisjes. Een groter verschil werd gevonden bij de (2) reproductieve leerstijl, die bij meisjes vaker voorkomt dan bij jongens.

De uitkomst van het reproductief leren staat, in tegenstelling tot de uitkomst van betekenisgericht leren, los van de leerling. Bij de reproductiegerichte leerstrategie wordt er veel uit het hoofd geleerd, waardoor de nieuwe ideeën los blijven staan van de manier waarop de leerling naar de werkelijkheid kijkt. De betekenisgerichte leerstrategie daarentegen, vereist wel een herstructurering van persoonlijke kennis en daarom is het emotionele systeem van de leerling daar veel meer bij betrokken. De gedachte wint terrein dat de basis van hoe iemand leert, grotendeels op het affectieve vlak ligt (Oosterheert, Vermunt en Veenstra, 2002). De leerstrategische voorkeuren worden daardoor vanuit de affectieve oorsprong

verklaard. Het affectieve systeem van de leerling is namelijk sterk betrokken bij de keuze van leerstrategieën. Persoonsgebonden kenmerken als zelfbeeld en zelfwaardering spelen daarbij een belangrijke rol. Zelfbeeld verwijst naar wat individuen weten of denken te weten over zichzelf. Zelfwaardering heeft betrekking op hoe individuen zichzelf waarderen; hoe ze denken en voelen over zichzelf. Een tamelijk gangbare visie op de relatie tussen zelfbeeld en zelfwaardering, volgens Oosterheert *et al.*, is dat de elementen van zelfbeeld waar het individu de meeste waarde aan hecht (bijvoorbeeld schoonheid of betrouwbaarheid) de algemene zelfwaardering meer bepalen dan andere elementen. De algemene zelfwaardering is dus de som van alle elementen van de zelfbeelden, gewogen door de eigen waardering van het individu. Leerlingen gaan constant na of de leersituatie, waarin zij zich bevinden, niet te bedreigend is voor hun welbevinden (Frijda, 1986) met zelfwaardering als affectieve oorsprong. Leerlingen ervaren de reproductiegerichte leerstijl als veilige manier van leren, omdat deze geen verandering van het zelfbeeld tot gevolg heeft. Meisjes vluchten vaker in deze veilig geachte reproductiegerichte leerstijl dan jongens. In de volgende subparagraaf wordt ingegaan op het zelfbeeld, de inschatting van hun eigen kunnen, dat bij meisjes lager blijkt te zijn dan bij jongens.

3.3.4 Laag zelfbeeld van meisjes bij exacte vakken

PISA heeft aandacht besteed aan het meten van vakoverstijgende vaardigheden; de zogeheten *Cross-Curricular Competencies* (CCC's). Bij het PISA-onderzoek behoorde een vragenlijst over leer- en studeergedrag met inbegrip van houdingen ten opzichte van de vakken en het zelfbeeld van het eigen kunnen. Het verschil in zelfbeeld van hun eigen kunnen tussen meisjes en jongens blijkt goed uit de resultaten van het PISA-rapport (OECD, 2001b). Allereerst geef ik de percentielscore uitgesplitst naar sekse in de onderdelen *lezen*, *wiskunde* en *natuurwetenschappen* van 15-jarige meisjes en jongens in Nederland. De resultaten zijn gepresenteerd op een schaal die is gestandaardiseerd op het OESO-gemiddelde van 500 met een standaardafwijking van 100. Deze spreidingsmaat impliceert dat ongeveer tweederde deel van de leerlingen op een score tussen 400 en 600 uitkomt (500 ± 100). Uit figuur 3.5 blijkt dat er geen grote verschillen bestaan. De meisjes blijken iets beter te zijn in lezen, de jongens iets beter in wiskunde en bij de natuurwetenschappen blijkt er nauwelijks verschil in bekwaamheid tussen meisjes en jongens. Dit kleine verschil in bekwaamheid verklaart dus niet het grote verschil tussen meisjes en jongens in het kiezen van exacte vakken.



Figuur 3.5: de percentielscore in de onderdelen lezen, wiskunde en natuurwetenschappelijke vakken uitgesplitst naar sekse voor Nederland gestandaardiseerd op het OESO gemiddelde van 500 ± 100 (Wijnstra, 2001).

In het vergelijkend PISA-onderzoek liggen de indices van de CCC-vragenlijst voor Nederlandse leerlingen bij leesvaardigheid voor de meisjes 0,12 hoger dan het gemiddelde van de OESO-landen. Het verschil van het gemiddelde van de jongens vergeleken met het gemiddelde van alle jongens van de OESO-landen is +0,16 hoger. Het verschil tussen meisjes en jongens in Nederland, wat hun zelfbeeld betreft in relatie tot de score die ze behalen op leesvaardigheid, is dus nagenoeg evenveel hoger dan het gemiddelde van de OESO-landen. Zowel de Nederlandse meisjes als de jongens geven door deze positieve score aan, dat ze zelf het gevoel hebben dat ze goed kunnen lezen (zie figuur 3.6).

De indices van het zelfbeeld in relatie tot de behaalde score van het vak wiskunde geeft een volstrekt ander beeld. Het gemiddelde van de meisjes ligt -0,23 punten onder het OESO-gemiddelde van de meisjes en dat van de jongens ligt +0,17 punten boven het OESO-gemiddelde van de jongens. Het verschil met de gemiddelde waarden van alle OESO-landen is in figuur 3.6 vet weergegeven. De hoge negatieve score van het zelfbeeld bij de meisjes wil zeggen, dat als een Nederlands meisje een 7 haalt voor wiskunde ze erbij denkt "Ja, maar eigenlijk snap ik er niets van". De Nederlandse jongen met een hoge positieve score voor het zelfbeeld die een 7 haalt voor wiskunde straalt uit "Wauw, wat ben ik goed in wiskunde!" Ze halen beide hetzelfde cijfer voor wiskunde, maar meisjes hebben daarbij het gevoel dat ze het toch eigenlijk niet goed begrijpen en jongens met hetzelfde cijfer stralen uit dat ze een wiskundeknobbel bezitten. In geen enkel OESO-land komt zo'n groot verschil voor tussen meisjes en jongens in hun zelfbeeld ten opzichte van hun score in een bepaald vakgebied. Het PISA-rapport noemt dit dan ook een *extreem* groot verschil. Uit deze resultaten van PISA blijkt, dat in Nederland meisjes extreem meer dan jongens twijfelen aan hun eigen kunnen bij exacte vakken dan hun cijfer aangeeft, terwijl toch de prestatie van de meisjes nauwelijks verschilt van die van de jongens. In de basisvorming zouden de exacte vakken dus op een zodanige manier gegeven moeten worden dat dit het

negatieve zelfbeeld wegneemt, zodat ook meisjes gemakkelijk een exact profiel gaan kiezen.

| Indices van eigen perceptie in relatie met de behaalde score | | | |
|--|-----------------|--------------------|--------------------|
| | | gemiddelde jongens | gemiddelde meisjes |
| leesvaardigheid | NL | 0,08 | 0,20 |
| | OESO | -0,08 | 0,08 |
| | verschil | +0,16 | +0,12 |
| wiskunde | NL | 0,29 | -0,36 |
| | OESO | 0,12 | -0,13 |
| | verschil | +0,17 | -0,23 |

Figuur 3.6: indices van eigen perceptie in relatie met de eigen score van wiskunde is Nederland vergeleken met het gemiddelde van alle OESO-landen uitgesplitst naar sekse (Wijnstra, 2001).

Veel Technische Universiteiten en Hogescholen in Nederland zoeken al jaren naar de reden van deze (te) lage inschatting van meisjes van hun eigen kunnen die hen het plezier in exacte vakken ontnemt. Volgens de Amerikaanse onderwijsonderzoekster Tobias (1978, 1994) zijn vrouwen "niet dom, maar anders": "they're not dumb, they're different" (zie ook paragraaf 3.1). De barrières voor vrouwen en sommige mannen om deel te nemen aan de exacte wetenschappen zijn veelal niet van intellectuele, maar van emotionele aard, zegt ze. Enerzijds zijn er de vooroordelen van de buitenwereld, zoals "bèta's zijn nerds, wiskunde is moeilijk en vrouwen zijn niet technisch aangelegd". Daardoor, zegt Tobias, kijken mannen en vrouwen ook anders aan tegen hun eigen succes of falen in de exacte vakken. "Meisjes missen het zelfvertrouwen voor een technische studie. Jongens zijn veel agressiever en hebben meer bravoure om dat wel aan te durven," stelt Tobias.

Niet alleen Tobias geeft deze verklaring voor het verschil in het emotionele vlak, ook uit een onderzoek van de Researchgroep Onderwijs en Arbeidsmarkt (ROA, 1993) in Nederland blijkt dat meisjes minder zelfvertrouwen hebben dan jongens door een negatiever zelfbeeld van hun eigen kunnen. Dit heeft tot gevolg dat ze, ondanks hun voldoende eigen kunnen, toch niet kiezen voor een technisch vak, terwijl jongens met dezelfde capaciteiten dat wel aandurven. Uit een groep leerlingen die hun capaciteiten voor bètavakken laag inschatten, kiest 14 procent van de jongens en slechts 2 procent van de meisjes toch voor een exact pakket. Van de meisjes die goed zijn in de bètavakken, met gemiddeld een 7 of hoger als cijfer, kiest slechts 9 procent een exact vakkenpakket tegen 32 procent van de jongens uit dezelfde groep. Jörg *et al.* (1990) veronderstellen dat in de schoolse praktijk een zichzelf versterkend proces optreedt, waarbij de beleving en de waardering, de motivatie en de prestatie evenals de persoonsvariabelen (bijvoorbeeld gevoel van competentie) steeds minder, respectievelijk steeds lager worden. Dit proces zou er voor zorgen dat meisjes geen natuurkunde kiezen. In

het bijzonder blijken ervaringen in de tweede klas van de basisvorming in het voortgezet onderwijs van grote betekenis voor het zelfvertrouwen. Dit gebrek aan zelfvertrouwen is van invloed op de derde klas waar de profielkeuze plaatsvindt.

Het lage percentage meisjes dat exacte vakken kiest, is dus voor een deel rechtstreeks het gevolg van hun geringe zelfbeeld ten opzichte van de door hen behaalde score. Het belangrijkste element voor onderwijs dat meisjes aanspreekt, dient te zijn dat meisjes worden aangemoedigd meer te vertrouwen op hun eigen kunnen. Die aanmoediging zit besloten in een inductieve didactiek. In de volgende subparagraaf geef ik aan dat inductief onderwijs denktrant geloofwaardig overkomt voor de leerling, waardoor het zelfvertrouwen toeneemt.

3.4 De inductieve denktrant is geloofwaardig voor de leerling

Een pleitbezorger van de inductieve didactiek was Van Hiele (1957). Hij beschreef een eerste theorie die uitging van denken in niveaus. In 3.4.1 beschrijf ik hoe deze theorie ervan uit gaat dat de deductieve denktrant een kenmerk is van het bereiken van een hoger denkniveau. Daarna bespreek ik in 3.4.2 dat het onderwijsproces die dit hogere deductieve denkniveau doet bereiken, volgens de inductieve denktrant plaatsvindt. Vervolgens geef ik in 3.4.3 met behulp van een voorbeeld aan, dat onderwijs dat gebruik maakt van de inductieve denktrant geloofwaardiger overkomt voor de leerling dan de deductieve denktrant. Als een docent geloofwaardig wil overkomen, moet zij dus haar hogere deductieve denkniveau volgens het inductieve onderwijsproces over brengen. Dit dilemma, de anti-didactische inversie, bespreek ik in 3.4.4. Tenslotte toon ik in 3.4.5 aan hoe de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs dubbel gebruikmaakt van de geloofwaardige inductieve denktrant.

3.4.1 Deductief denkniveau

Van Hiele (1957) introduceerde in zijn proefschrift het idee van denken in niveaus; hierbij onderscheidde hij drie niveaus. Volgens Van Hiele bevinden leerlingen zich bij hun komst op de middelbare school doorgaans op het *nulde denkniveau*, dat wil zeggen: ze bevinden zich in het voor-meetkundige stadium van het ruimtelijk denken. Om de niveaus te verduidelijken, gebruik ik het inmiddels klassiek geworden voorbeeld van een ruit van Van Hiele (1957).

0. Voor een leerling die op het *grondniveau* redeneert, is de ruit vooral herkenbaar aan uiterlijke kenmerken van de figuur, zoals aan zijn vorm. De ruit lijkt op een wybertje. De positie van een figuur kan daardoor al belangrijk zijn bij het herkennen. Op dit niveau wordt bijvoorbeeld een vierkant alleen als ruit herkend als hij op zijn punt staat.
1. Voor een leerling die op het *eerste niveau* redeneert, bepalen de eigenschappen van de figuur of het een ruit is: een vierhoek met gelijke zijden is een ruit. Er bestaat nu een relatienet met elementen als: ruit, vierhoek, zijde, hoek. Uit de relaties tussen de elementen volgt: 'een vierhoek heeft vier

- hoeken', 'een ruit is een vierhoek' en 'in een ruit zijn overstaande hoeken gelijk'. Natuurlijk herkent de leerling ook op het uiterlijk de figuur als ruit, maar deze uiterlijke herkenning is niet meer doorslaggevend voor de argumentatie om een figuur als ruit te kenmerken. Op dit eerste niveau wordt een vierkant die niet op zijn punt staat ook herkend als ruit.
2. Op het *tweede niveau* komen de relaties tussen de eigenschappen van een ruit aan de orde. Op dit niveau gebruikt de leerling ook logische implicaties bij zijn redeneringen. Bijvoorbeeld: 'Omdat de diagonaal van een ruit een symmetrieas is, zijn de overstaande hoeken van een ruit gelijk'. Het gebruik van deze logische implicaties kenmerkt het denken van een leerling op dit tweede niveau. De leerling kan nu op grond van definities van een vierkant en een ruit bewijzen dat een vierkant een ruit is.

Van Hiele stelde dat denken op drie niveaus plaatsvindt, namelijk (0) op het intuïtieve grondniveau zonder een relatienetwerk, (1) op het eerste niveau met het kennen en herkennen van een relatienetwerk en (2) op het tweede niveau met het bewijzen van de innerlijke structuur van het relatienetwerk met behulp van de deductieve redeneertrant. In de jaren vijftig van de vorige eeuw werd deze niveau-indeling als bijzonder gezien, omdat dit grondniveau lager was dan het laagste niveau van alle andere tot dan toe bestaande indelingen.

3.4.2 Inductief onderwijsproces

Later gaf Van Hiele (1973) aan dat het slechts om twee denkniveaus gaat: op het *nulde niveau* beschikken we nog niet over een relatienet tussen de optredende begrippen en op het *eerste niveau* beschikken we wel over zo'n relatienet. Het relatienet op het eerste niveau kan weer als nulde niveau optreden om tot een hoger niveau te komen. Om een niveau hoger te komen, onderscheidde Van Hiele vier onderwijsprocessen waardoor 'uitgaande van waarneming van concrete objecten' de beoogde veralgemenisering van begrippen tot stand komt. Deze onderwijsprocessen ontleende Van Hiele aan de intuïtieve manier van lesgeven die zijn vrouw, Dieke van Hiele, gebruikte in het meetkundeonderwijs om de hogere denkniveaus te kunnen bereiken.

- a. De leraar gaat uit van globale structuren uit de leefruimte van de leerling; de leraar zorgt voor variatie in de wijze waarop deze objecten kunnen worden waargenomen.
- b. Uitgaand van concreet materiaal ontdekt de leerling relaties tussen de diverse objecten; voor het opsporen van deze relaties blijken in het meetkundeonderwijs vouwen, plakken en knippen onmisbaar.
- c. De leerling formuleert in klassengesprekken de ontdekte relaties.
- d. De leerlingen voeren opdrachten uit ter nadere oriëntatie van de ontdekte relaties.

Deze onderwijsstappen moesten allemaal in de juiste volgorde worden uitgevoerd om een denkniveau hoger te komen.

Bij elk denkniveau behoort een aparte taal, aldus Wansink (1967) bij het behandelen van de theorie van de Van Hieles. Een leraar die de taal spreekt van

één niveau hoger, waar de klas nog niet aan toe is, wordt niet begrepen. Het noodlot wil dat deze leraar door de klas misschien nog geprezen zal worden om zijn knapheid: "Wat is hij knap. Hij vertelt zulke moeilijke dingen, dat wij leerlingen er niet bij kunnen!" Dit is verdachte lof, aldus Wansink. In feite is de leraar niet zo *knap*, dat hij weet hoe hij eenvoudige zaken aan zijn leerlingen moet duidelijk maken, in een taal die zij begrijpen.

Van Hiele (1973) stelde dat het hoogste niveau in denken is bereikt, als je met de begrippen en met de relaties tussen de begrippen op logische wijze *deductief* kunt denken. In het onderwijsproces moedigde Van Hiele juist het gebruik van de *inductieve* denktrant aan. Dit leidde tot een discussie over het verschil tussen de deductieve en de inductieve denktrant die ik in de volgende subparagraaf bespreek.

3.4.3 *Deductieve versus inductieve denktrant*

In de vijftiger jaren van de vorige eeuw ontstond de discussie of je in het onderwijs beter van de *inductieve* redeneertrant kon uitgaan dan van de *deductieve* denktrant, zoals die tot dan toe gebruikelijk was. Kenmerkend voor een deductief systeem zijn de aanvaarding van axioma's, die onbewezen blijven, en een aantal grondbegrippen. De overige begrippen moeten op logische wijze afgeleid worden uit de aanvaarde axioma's en grondbegrippen. De inductieve redeneertrant daarentegen, gaat uit van voorbeelden om van daaruit de begrippen en relaties af te leiden.

Als voorbeeld neem ik weer het leren van de betekenis van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk (zie hoofdstuk 2). De deductieve denktrant gaat dan als volgt: 'als er zo'n verkeersbord staat, dan heb ik voorrang'. Hierbij ga je uit van de cognitieve kennis van de betekenis van het verkeersbord en die algemene kennis gaan we vervolgens in deze specifieke situatie toepassen. De inductieve denktrant luidt: 'als ik voorrang heb, dan staat er zo'n verkeersbord'. Hierbij ga je uit van het gedrag van jezelf in deze ene specifieke situatie.

Stel dat A staat voor de aanwezigheid van het verkeersbord en dat B staat voor voorrang hebben. De deductieve redeneertrant 'als er zo'n verkeersbord staat, dan heb ik voorrang' kun je dan algemeen weergegeven met 'als A is waar, dan is B waar'. De inductieve redeneertrant is net andersom: 'als ik voorrang heb, dan staat er zo'n verkeersbord' kun je weergegeven met 'als B waar is, dan is A waar'. Om het verschil in deductieve en inductieve denktrant goed te kunnen vergelijken bekijk ik alle mogelijke combinaties van A en B. Dat zijn er vier: A en B zijn beide waar, A is waar en B is niet waar, A is niet waar en B is waar, en als laatste A en B zijn beide niet waar. In beide denktrants geldt de algemene aanname dat 'als het waar is dat er een verkeersbord staat, dan is het waar dat ik voorrang heb'. De volgende waarheidstabel geeft alle mogelijke situaties weer:

| situatie | A | B |
|----------|---------------------|-----------------|
| | <i>verkeersbord</i> | <i>voorrang</i> |
| a | waar | waar |
| b | waar | niet waar |
| c | niet waar | waar |
| d | niet waar | niet waar |

De deductieve denktrant gaat uit van de aanwezigheid van het verkeersbord: 'als er zo'n verkeersbord staat, dan heb ik voorrang'. Het verkeersbord staat er, dus A moet waar zijn, waardoor de beide situaties c en d vervallen. De situatie b, dat het waar is dat het verkeersbord er staat en je toch geen voorrang hebt, vervalt bij de algemene aanvaarding van de kennis van het verkeersbord. Enkel situatie a blijft als het goede antwoord over. Deze deductieve denktrant geeft een logische en juiste conclusie. Het schema van het deductieve denken kan als volgt worden weergegeven:

| | | |
|-----------------|-------------------|------------------------------|
| eerste aanname: | $A \Rightarrow B$ | "als A is waar, dan volgt B" |
| tweede aanname: | A | "A is waar" |
| conclusie: | B | "dus B is waar" |

De inductieve denktrant gaat uit van je zelf: 'als ik voorrang heb, dan moet er zo'n verkeersbord staan'. In de waarheidstabel blijkt dat als je voorrang hebt, dus B waar is, de situaties b en d vervallen. We houden dus de situaties a en c over. Situatie a luidt 'als ik voorrang heb, dan staat er zo'n verkeersbord' en situatie c luidt 'als ik voorrang heb, dan staat er niet zo'n verkeersbord'. Een voorbeeld van situatie c, dat je voorrang hebt terwijl er geen verkeersbord staat, is het in- en uitstappen bij de trein. Bij de trein staat geen verkeersbord om aan te geven dat je bij het uitstappen voorrang hebt, omdat algemeen aanvaard is dat je voorrang hebt bij het uitstappen. Bij de brug in Aldtsjerk weet je niet wat binnen en buiten is, vandaar dat je er een voorrangsbord bij moet plaatsen. Daardoor vervalt situatie c. Voor de leerling is dit een geloofwaardige redeneertrant en de leerling ziet dan ook terstond het nut in van het plaatsen van het verkeersbord. De leerling *verwacht* dat er een voorrangsbord staat, maar zeker is dat niet. De conclusie dat 'als B waar is, dan is A waar' is dus logisch niet verantwoord, maar wel geloofwaardig voor de leerling. Het schema van het inductieve denken ziet er als volgt uit:

| | | |
|-----------------|-------------------|------------------------------|
| eerste aanname: | $A \Rightarrow B$ | "als A is waar, dan volgt B" |
| tweede aanname: | B | "B is waar" |
| conclusie: | A | "dus A is waar" |

De deductieve denktrant voldoet aan de eisen van de logica en de conclusie is logisch correct. Bij de inductieve denktrant voldoet de aanname aan de eisen van de logica, de conclusie echter niet. De deductieve denktrant gaat uit van de zekerheid van de cognitieve betekenis van het verkeersbord, de inductieve denktrant gaat uit van de situatie zoals de leerling deze ervaart. De onzekerheid die daarbij optreedt wordt door discussie geaccepteerd. De inductieve denktrant is daardoor veel geloofwaardiger voor de leerling dan de deductieve denktrant.

Hoewel de leerling dus de *inductieve* denktrant als geloofwaardiger ervaart, is de *deductieve* redeneertrant voor de docent, die een denkniveau hoger opereert, de logisch correcte manier van lesgeven. Door deze tegenspraak ontstond ooit de discussie over *deductief* versus *inductief* lesgeven.

3.4.4 *Anti-didactische inversie in de algemene didactiek*

De discussie rond de vraag of de *deductieve* dan wel de *inductieve* manier van lesgeven beter was, werd door Freudenthal (1987) rond 1962 weergegeven met de term *anti-didactische inversie*: "... waarmee ik [Freudenthal] de neiging van de wiskundige bedoelde in het schoonschrift zijn gedachtegangen tegengesteld aan hun ontstaanswijze voor te stellen en liefst ook zijn onderwijs zo in te richten." Freudenthal doelde daarmee op het inzicht dat de logische volgorde van het wiskundeonderwijs niet bepalend is voor de psychologische en onderwijskundige volgorde. De deductieve manier van lesgeven, die voor de leraar logisch is, moet in het onderwijs niet gebruikt worden, omdat de inductieve manier voor de leerling geloofwaardiger is. Deze inductieve weg, ook geleide herontdekking genoemd, betekent dat je niet axioma's, maar het axiomatiseren onderwijst; niet de nieuwe orde leert, maar het ordenen, beginnend bij de ervaring van de leerling op het grondniveau van het denken. In de natuurkunde is het leerdoel dus niet de formule zelf, maar het begrijpen van de weg die tot een formule leidt.

Freudenthal vond in zijn wiskundig-onderwijskundig leerproces de opdeling van niveaus van de Van Hieles cruciaal om een denkniveau hoger te komen, omdat de leerling daarbij de reflectie als niveauverhogende activiteit herkent. Reflectie is bewustmaking van je onbewust kennen, weten, handelen, het erop reflecteren en ten slotte het verwoorden van het resultaat van je analyse. Freudenthal vond deze reflectie van cruciale betekenis om iets te leren, uitgaande van eigen waarnemingen. De realiteit waarin je wiskunde wilt toepassen, moet je allereerst als bron gebruiken voor die wiskunde die je erin wilt toepassen. Zo was historisch de ontstaanswijze en dat was, volgens Freudenthal, ook de weg die je de leerling moest toestaan te bewandelen. De didactische volgorde, waarmee het onderwijs gegeven moet worden, is volgens Freudenthal de inductieve denktrant. Tegengesteld aan de deductieve denktrant van de docent. De docent zal daardoor het gevoel krijgen van 'achter naar voren' les te moeten geven.

Freudenthal (1987) schrijft in zijn boek 'Knipsels uit een leven', waarin hij terugkijkt op zijn leven, dat hij wars was van geïsoleerde wiskunde die buiten de realiteit stond. Hij was een grote voorstander van contextrijk wiskundeonderwijs: "Sommigen noemen context ruis en een beletsel voor clean onderwijs, maar de wereld is nu eenmaal ruis, gebruis, en dat te elimineren is ook wiskunde: het mathematiseren van de realiteit." Freudenthal was ervan overtuigd dat het goed was contextrijke wiskunde aan te bieden vanaf het nulde denkniveau, de ervaring van de leerling, en deze op inductieve manier te onderwijzen. Hoewel hij een fervent voorstander was van contextrijke wiskunde, heeft Freudenthal heel lang volgehouden dat de wiskundige denkgewoonten niet buiten de wiskunde gebruikt konden worden. Hij vond de eenvoud van de wiskunde - het resultaat van

abstraherende vereenvoudiging - voor velen in het onderwijs het summum van moeilijkheid. Het leek hem te moeilijk om die eenvoud ook elders toe te passen, dus "Geen transfer, geen vormende waarde". Pas aan het eind van de weg van zijn 'werk aan onderwijs' veranderde Freudenthal daarin zijn mening, en toen ook radicaal. De inductieve denktrant was niet alleen goed voor wiskundige denkgewoonten, maar hij achtte de vormende waarde van deze denkgewoonten ook voor een transfer naar buiten de wiskunde hoog. "Geweldig hoog", zo vond Freudenthal zelfs.

Daar ben ik het volledig mee eens. Niet alleen voor de wiskunde geldt dat als dit vak op inductieve wijze wordt onderwezen, de abstracte grote lijnen voor de leerling geloofwaardiger overkomen. Het geldt ook - en net zo goed - voor minder abstracte onderwerpen dan de wiskunde. Minder abstracte vakken die meer gebruik maken van andere intelligenties dan alleen de cognitieve intelligentie, maken zelfs hoofdzakelijk gebruik van de inductieve denktrant. Bijvoorbeeld het vak lichamelijke opvoeding, waarbij de motorische intelligentie een belangrijke rol speelt, zal altijd beginnen met een voorbeeld voordat op de grote lijnen wordt gewezen. Het vak muzikale vorming, waarbij de muzikale intelligentie een belangrijke rol speelt, geeft ook eerst het voorbeeld door de muziek te laten klinken. Tijdens het luisteren naar de muziek doen de leerlingen emotionele indrukken op, niet aan het eind als het muziekstuk is afgelopen. Bij vakken die hoofdzakelijk gebruikmaken van cognitieve intelligentie is de leraar echter geneigd het hogere deductieve denkniveau ook op deductieve manier te onderwijzen. Deze anti-didactische inversie zal bewust moeten worden doorbroken om ook deze vakken voor de leerlingen geloofwaardiger te laten overkomen.

Voorbeeldgestuurd onderwijs maakt gebruik van de inductieve denktrant.

3.4.5 Denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs

Voorbeeldgestuurd onderwijs maakt, zowel in de eerste deel als in het tweede deel van de methode gebruik van de geloofwaardige inductieve denktrant.

Tijdens het eerste deel van de methode worden vanuit contextrijke voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling (bovenste laag) de grote lijnen (middelste laag) ontdekt waartoe de waarneembare feiten (onderste laag) dienen. De betekenis van het verkeersbord (middelste laag) bij de brug in Aldtsjerk wordt bijvoorbeeld afgeleid van de waarneembare feiten (onderste laag) op het verkeersbord door voorbeelden van de werking voorrang verlenen te beschouwen (bovenste laag). Dit voorbeeld uit het dagelijks leven van de leerling (bovenste laag) dient als start van de inductieve denktrant. Bij het eerste deel van de methode herkent de leerling op geloofwaardige inductieve wijze vanuit het voorbeeld (het grote geheel) de grote lijnen (delen).

De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs gaat zelfs verder door het eerste deel van de methode een laag hoger toe te passen. Tijdens het tweede deel van de

methode wordt de samenhang van de grote lijnen (bovenste laag) herkend door de grote lijnen (middelste laag) van verschillende contextrijke voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling op overeenkomsten en verschillen te bediscussiëren. Dit vindt plaats tijdens de verduidelijkingsdialoog waarbij de grote lijnen worden vergeleken met grote lijnen van eerder opgedane ervaringen. Deze ervaringen kunnen uit dezelfde context zijn, maar ook uit een ander kennisveld. Bijvoorbeeld het vergelijken van voorrang verlenen bij de brug met het voorrang verlenen bij het in- en uitstappen van de trein. De leerling vergelijkt de nieuw te leren grote lijnen met ervaringen waarvan de werking bij de leerling bekend is. Daardoor zal de onzekerheid van het leren van de nieuwe grote lijnen geaccepteerd worden. Dat is de grootst mogelijke zekerheid die je een leerling kunt bieden. Dit geeft de leerling zelfvertrouwen om iets nieuws te willen leren. De voorbeelden uit het dagelijks leven van de leerling (bovenste laag) dienen als start van de inductieve denktrant. Bij het tweede deel van de methode herkent de leerling op geloofwaardige inductieve wijze de grote lijnen (de delen) in de samenhang van de grote lijnen (het grote geheel).

De denktrant van voorbeeldgestuurd is dus uit het geheel op inductieve wijze de grote lijnen analyseren en bovendien op inductieve wijze de grote lijnen te vergelijken met het geheel. De leerling krijgt daarbij de grootst mogelijke zekerheid door de eigen onzekerheid te accepteren. Dit sluit aan bij het lagere zelfbeeld ten opzichte van de score van meisjes, hetgeen ik in de volgende paragraaf zal aantonen.

3.5 Voorbeeldgestuurd onderwijs benut de onzekerheid

In deze paragraaf toon ik aan dat meisjes, die meer dan jongens toegeven aan hun onzekerheid, bij voorbeeldgestuurd onderwijs een grotere opstap zullen ervaren dan jongens. Eerst beschrijf ik in 3.5.1 aan dat voor de genderspecifieke ingrediënten het socialisatieverschil tussen de seksen veel belangrijker is dan het sekseverschil. Daarna toon ik aan in 3.5.2 hoe uit de socialisatietheorie van Chodorow blijkt dat de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs een opstap biedt voor abstract denken en socialisatieverschillen tussen de seksen egaliseert. Zowel van meisjes als van jongens. Daarna ga ik in 3.5.3 met wiskundigen in discussie over de vraag of het abstract leren denken aan de hand van voorbeelden mogelijk is. Tenslotte geef ik in 3.5.4 aan dat voorbeeldgestuurd onderwijs het toegeven aan de onzekerheid benut bij het leren. Meisjes zullen daardoor bij voorbeeldgestuurd onderwijs een grotere opstap ervaren dan jongens, maar vooruit gaan ze allemaal.

3.5.1 Verschil in socialisatie belangrijker dan verschil in sekse

Bij het kiezen van het profiel in de basisvorming blijkt het socialisatieverschil tussen de seksen belangrijker te zijn dan het sekseverschil.

Een leerling maakt de profielkeuze in de basisvorming van het voortgezet onderwijs niet alleen. Ouders, docenten, decaan en sociale omgeving hebben een grote invloed op de keuze van de leerling. Hoewel het onderzoek van Korving-den Engelse (1984) al twintig jaar oud is, zijn de resultaten nog steeds relevant (Alting, 2003). Korving-den Engelse heeft, vanuit haar functie als voorzitter van de contactgroep Emancipatie, een onderzoek verricht onder decanen, mentoren en vakdocenten, om in kaart te brengen of zij leerlingen aanraadden dan wel afraadden wiskunde te kiezen. Binnen het Rijksonderwijs heeft ze daartoe 4000 leerlingen op het MAVO, HAVO en VWO een vragenlijst laten invullen. Meisjes blijken vaker het advies te krijgen geen wiskunde, natuurkunde of scheikunde te kiezen, zelfs al hebben ze dezelfde rapportcijfers als jongens. Als meisjes een positief advies krijgen, dan moeten ze een hoger rapportcijfer hebben dan jongens.

Ander onderzoek (Kuyper *et al.*, 1987) geeft aan dat leerlingen eerder wiskunde kiezen als hun ouders dat stimuleren, ongeacht hun cijfer voor wiskunde en ongeacht of ze wiskunde al dan niet moeilijk vinden. Die ouders zien liever een eindexamen met desnoods een onvoldoende voor wiskunde, dan een eindexamen zonder wiskunde. Verder vinden ouders vaker van hun zoons dat ze wiskunde moeten kiezen dan van hun dochters (Kuyper en Van der Werff, 1991). Als reden daarvoor wordt genoemd dat een laag resultaat voor wiskunde bij meisjes eerder wordt toegeschreven aan een gebrek aan bekwaamheid, dan aan een gebrek aan inzet zoals bij de jongens. Dit verschil in advies van de omgeving over de profielkeuze is dus onafhankelijk van het rapportcijfer, maar geheel afhankelijk van de sekse van de leerling. Uerz, Dekkers en Dronkers (1999) concluderen in hun onderzoek dat de sekse van leerlingen de belangrijkste factor is bij de verklaring van verschillen in het aantal gekozen exacte vakken in het vakkenpakket.

Om de overdracht van sekseverhoudingen in de opvoeding te analyseren, wordt het begrip socialisatie gebruikt. De verwachtingen die vaders en moeders hebben van hun kinderen, worden gezien als de belangrijkste factoren in het socialisatieproces: de primaire socialisatie. Volgens de leertheorie van Belotti (1975) worden al voor het zesde levensjaar sekserollen aangeleerd, doordat kinderen worden beloond voor gedrag dat passend is bij hun sekse en gestraft voor gedrag dat niet passend is. Voor meisjes wordt als passend beschouwd dat ze zich stil en onopvallend gedragen, maar ze moeten wel leuk en aantrekkelijk zijn. Van meisjes wordt niet verondersteld dat ze slim zijn, van jongens vaak wel. Daardoor ontstaat een verschillend attributiepatroon: meisjes zeggen bij een onmogelijke wiskundeopgave "ik snap er niets van". Jongens zijn eerder geneigd de oorzaak buiten zichzelf te zoeken en zeggen bij die zelfde wiskundeopgave "die som is fout". Door socialisatie wordt dus het culturele verschil belangrijker dan het biologische sekseverschil.

Om het biologische en culturele sekseverschil van elkaar te onderscheiden, werden de twee begrippen sekse en gender in 1972 geïntroduceerd door de Britse sociologe Oakley (1972). Sekse verwijst daarbij naar de biologische verschillen en gender refereert aan de culturele beweringen van deze verschillen. Scott (1989) bracht vervolgens een verfijning in het begrip gender aan: gender zou uit twee analytisch te onderscheiden proposities bestaan. Gender is zowel een

'basiselement van sociale verhoudingen' als een 'primaire manier waardoor en waarin macht betekenis krijgt'. Dit betekent dat het maatschappelijk leven geordend is op basis van gender; het creëert en stabiliseert de vele verhoudingen tussen mensen. Gender wordt daarom ook wel een 'ordeningsprincipe' genoemd en gezien als één van de structuren die het maatschappelijk leven ordenen. De ontstane orde is tegelijkertijd een rangorde, betoogt Scott: het mannelijke wordt hoger gewaardeerd. Op deze wijze wordt de maatschappij geordend in een tweedeling van mannelijk en vrouwelijk, die tegelijkertijd een norm stelt voor hoe mannen en vrouwen behoren te zijn. Dit worden normatieve beelden – of constructies – van mannelijkheid en vrouwelijkheid genoemd. Sekseverschil is geen gegeven, maar dit verschil wordt gemaakt, aldus Scott. Telkens weer blijken socialisatie en cultuur belangrijker te zijn dan het aangeboren of natuurlijke verschil.

Bem (1983) ontwikkelde een theorie die inzichten uit de sociale leertheorie verbindt met de cognitieve ontwikkelingstheorie, de *gender-schema-theorie*. De cognitieve ontwikkelingstheorie begint bij de vraag "Waarom is sekse zo belangrijk?" Volgens Bem bepaalt de sociale context dat één bepaalde sociale categorie, in dit geval sekse, tot de kern van het cognitief denken behoort. Kinderen *leren* dat gender een belangrijke onderscheidende categorie is, want daar komen ze voortdurend mee in aanraking. Gender behoort daarom tot de kern van het cognitief denken, aldus Bem. In de beoordeling en waardering voor wat ze zelf doen, wordt gender vervolgens als criterium gebruikt: het gender-schema klopt beter als het gedrag en de identiteit met elkaar in overeenstemming zijn. Meisjes en jongens blijken daardoor steeds te kiezen voor verschillende richtingen: meisjes voor verzorging en jongens meer voor techniek.

De overheids campagne 'Kies exact!' (MinOCenW, 1990) trachtte roldoorbrekend te werken, met als doel meisjes vaker wiskunde te laten kiezen, maar de socialisatietheorieën werkten onbewust hardnekkig door en de machtsdimensie werd daarbij onderschat. De campagne was er op gericht om meisjes meer zelfvertrouwen te geven en hen te bewegen te kiezen voor wiskunde. Kortom hij was gericht op een verandering van het gedrag van meisjes. Daardoor werd in de campagne het probleem verengd tot attitudes en keuzes van meisjes (Davies, 1993). De strategie interpreteert op deze manier de wereld hiërarchisch in termen van mannelijke universaliteit en vrouwelijke specificiteit. Het begrippenpaar universeel/specifiek is een binaire oppositie. Denken in dit soort opposities is wijdverbreid. Eén van de machtigste klassieke denkstijlen is, betoogde de filosoof Derrida (1967), de stijl die de wereld ordent in tegengestelde koppels, zoals dag/nacht, mannelijk/vrouwelijk, cognitief/emotioneel, universeel/specifiek. De termen die vooraan staan krijgen voorrang, hun tegenhangers worden weergegeven als zwakker of afgeleid. Volgens Derrida moeten de opposities verdwijnen, want er bestaan geen strikte grenzen: de één kan niet zonder de ander. De dag kan pas bestaan bij gratie van de nacht; zonder nacht is er geen dag.

Meijer (1991) gaat nog een stap verder en acht de binaire oppositie als denkvorm zelfs schadelijk. Ten eerste "...omdat hij [deze denkvorm] altijd twee opposities aanbiedt, en dat wat zich ertussen dan wel ernaast bevindt, geforceerd naar een van de twee polen harkt. Zo wordt de werkelijkheid gebouwd als een eindeloze

reeks van of/of, in paarsgewijze tegenstellingen." Ten tweede is de binaire oppositie als denkvorm schadelijk, "... omdat er altijd een hiërarchie in is geïmplementeerd, waarbij de ene term wordt gezien als inferieur aan de andere. Of zelfs: de ene term is de schaduwzijde, de negatie van de andere. Er is geen werkelijke oppositie, er is eigenlijk maar één term." Tegenover dit denken in opposities en eenheid plaatsen Derrida en Meijer een hypothese van differentiatie. De nadruk ligt niet op eenheid, maar op veelheid, verbrokkeldheid en andersheid. Beide termen bestaan tegelijkertijd en maken daardoor het denken van verschil zonder hiërarchie mogelijk. Diversiteit is daarbij het uitgangspunt. Ook in de schoolsituatie kan dit uitgangspunt tot andere praktijken leiden. Als voorbeeld noem ik het 'schoolpleinproject' zoals dat door docenten is ontwikkeld op de eigen school (Adams en Walkerdine, 1986). Jongens hadden bij het heersende genderregime veel meer ruimte nodig op het schoolplein dan meisjes. Er bleek een hiërarchie te zijn op het schoolplein, waarin het ruimte-eisende jongensspel altijd voorging boven de veel bescheidener meisjesspelen. Meisjes gaven daarop aan dat ze graag toneel speelden. Vandaar dat de indeling van het schoolplein werd aangepast. Door het maken van een klein theater werd letterlijk en figuurlijk ruimte gecreëerd voor de meisjes en voor zaken die zij belangrijk vonden (Arends en Volman, 1990). Met deze strategie wilden de auteurs geen specifieke groep veranderen, maar gingen ze uit van verschil. Ook voor jongens bood dit uitgangspunt van diversiteit nieuwe mogelijkheden.

In het onderwijs moet rekening worden gehouden met verschillen tussen meisjes en jongens welke zijn ontstaan door verschillen in voorafgaande socialisatie.

3.5.2 *Voorbeeldgestuurd onderwijs egaliseert verschil in socialisatie*

Uit het PISA-rapport (OECD, 2001b) bleek dat leerprestaties in exacte vakken van meisjes ten opzichte van jongens niet zijn terug te voeren op verschil in aangeboren capaciteiten. Ditzelfde bleek al eerder uit onderzoek van Ten Dam, van Eck en Volman (1992) 'Onderwijs en sekse', waarbij een groot aantal researchprogramma's werd verkend. Het socialisatieverschil tussen de seksen blijkt vele malen belangrijker te zijn het biologische sekseverschil.

De socialisatietheorie van Chodorow (1978) die met name het verschil in abstract denken tussen meisjes en jongens noemt, verklaart het verschil als volgt: In het traditionele kerngezin zijn veelal vrouwen verantwoordelijk voor verzorging en opvoeding van kinderen, en mannen werken buitenshuis. Door de grotere mogelijkheid van identificatie met de moeder die thuis is, wordt de moederbinding met de dochter groter. Daardoor hebben meisjes minder egogrenzen. Jongens daarentegen moeten een mannelijke identiteit ontwikkelen. Met een vader die buitenshuis werkt, moet de jongen zich op positionele manier identificeren. Aan de ene kant doet de jongen dat door fantasieën over zijn afwezige vader te ontwikkelen en aan de andere kant door zich af te zetten tegen de aanwezige vrouwelijkheid van zijn moeder. Jongens gaan zich zo meer een aparte persoon voelen, maar tegelijkertijd raken hun relationele behoeften daardoor beperkt. Doordat de identificatieprocessen bij de jongens positioneel van aard zijn,

redeneert Chodorow, worden ze beter voorbereid op het omgaan met abstracties: ze herkennen in delen (bijvoorbeeld een formule) het geheel (datgene waarnaar de formule verwijst) ofwel in het abstracte herkennen ze het concrete.

De socialisatietheorie van Chodorow gaat er dus vanuit dat een jongen abstracter leert denken doordat: "hij fantaseert over het voorbeeld (zijn vader) en de (mannelijke) overeenkomsten en (vrouwelijke) verschillen daarbij zoekt." Dit *trucje* van abstract kunnen denken, kan even goed gelden voor een ander onderwerp dan denken over mannelijkheid. Dan staat er dat je abstract leert denken doordat "je fantaseert over het voorbeeld (onafhankelijk welk) en de overeenkomsten en verschillen daarbij zoekt." Precies het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs (3.4.5): het herkennen in delen (de grote lijnen) het geheel (de samenhang). Voorbeeldgestuurd onderwijs biedt derhalve een opstap naar abstract denken. Zowel voor meisjes als voor jongens.

Jongens accepteren, volgens Chodorows socialisatietheorie, eerder de abstracte grote lijnen, omdat ze zich op een positionele manier moeten identificeren. Voorbeeldgestuurd onderwijs maakt gebruik van dezelfde denktrant: het herkennen in delen (de grote lijnen) het geheel (de samenhang in het voorbeeld). Niet alleen voor de sekse-identiteit, maar voor ieder willekeurig onderwerp. Dit geldt voor leerlingen van de beide seksen. Daardoor wordt het socialisatieverschil tussen seksen dat invloed heeft op het leren geëgaliseerd. In de volgende subparagraaf bespreek ik dat deze denktrant bovendien een opstap biedt naar het abstract denken welke nodig is voor exacte vakken.

3.5.3 *Voorbeeldgestuurd onderwijs als opstap naar abstract denken*

Voorbeeldgestuurd onderwijs moet natuurlijk wel leiden tot het abstract denken dat nodig is bij een studie in de exacte vakken. Jongens kiezen vaker exacte vakken dan meisjes, vandaar dat van hen wordt gezegd dat ze gemakkelijker abstract kunnen denken. Een verwachting van dit onderzoek is dat jongens niet vaker exacte vakken kiezen omdat ze abstracter kunnen denken, maar dat meisjes geen exacte vakken kiezen omdat die hen niet aanspreken op de aangeboden manier. De vraag voor voorbeeldgestuurd onderwijs is dus of het eigenlijk wel mogelijk is om aan de hand van voorbeelden te leren en of je daardoor niet op een lager abstractioniveau blijft steken. Hieronder vergelijk ik de mening van een aantal onderzoekers in de exacte wetenschappen over het abstract denken met de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs.

Lagendijk (2002), een gerespecteerd onderzoeker uit het natuurkundeveld, vindt dat een plaatjescultuur niet bij abstract denkvermogen past. "De plaatjestijdschriften zijn geschikt voor hen die nog niet aan formules toe zijn. ... Voor vakken als natuurkunde geldt dat een formule meer zegt dan duizend plaatjes", schrijft Lagendijk. Hij vindt het onbegrijpelijk dat er in toenemende mate een beeldcultuur en een daarbij behorende denkwijze bestaat, volgens welke een plaatje meer zegt dan duizend woorden omdat tekst snel saai wordt gevonden. Ik ben het helemaal met hem eens dat formules meer zeggen dan plaatjes, als je

tenminste de formule begrijpt. Lagendijk stelt het voor alsof je moet kiezen: of voor plaatjes of voor formules, als binaire oppositie. Van die schadelijke binaire opposities moeten we af (Meijer, 1991). Beide elementen, zowel tekst als beeld zijn nodig. Je kunt aan de hand van de plaatjes de formule beter doorgronden. Die plaatjes of voorbeelden zijn niet het einddoel, maar een hulpmiddel om het einddoel, de formule, te begrijpen. Verder zegt Lagendijk dat je over het leren van formules advies moet vragen aan wiskundigen, daar onderwijskundigen niet eens weten dat er formules bestaan. Die uitdaging neem ik aan. Als voorbeeld volgt een uitleg van een formule die bij initieel wiskundeonderwijs in de basisvorming wordt gegeven van de bewering: 'een operator is commutatief'.

Een willekeurige operator (zoals optellen of aftrekken) is commutatief als 'voor alle mogelijke waarden waarop de bewerking kan worden toegepast geldt dat de bewerking in omgekeerde volgorde dezelfde uitkomst heeft'. Een wiskundige noteert dit mogelijk in formulevorm met 'een operator O is commutatief als voor $\forall a, b: aOb = bOa$ '. Een voorbeeld van een commutatieve operator is de $+$ voor optellen, want $2+3$ is gelijk aan $3+2$. De operator $-$ is niet commutatief, want $2-3$ is ongelijk aan $3-2$. Lagendijk bedoelt waarschijnlijk dat een formule meer zegt dan voorbeelden omdat je in de formule de commutativiteit van iedere willekeurige operator kunt bepalen. Laten we eens kijken naar willekeurige andere operatoren. Bijvoorbeeld de operator \bullet , waarbij \bullet wil zeggen dat voor de operator het aantal bomen in de voortuin staan en na de operator het aantal bomen in de achtertuin. $2\bullet 3$ geeft dan aan dat er 2 bomen in de voortuin staan en 3 in de achtertuin. Deze operator is niet commutatief, want $2\bullet 3$ geeft een heel ander beeld dan $3\bullet 2$ van het aantal bomen in de voor- en achtertuin. Je zou ook kunnen nemen de operator \heartsuit die wil uitdrukken *houden van*. Is deze operator \heartsuit commutatief? Als $a\heartsuit b$ is het dan ook zo dat $b\heartsuit a$? Met deze operator houden 15-jarigen die initieel wiskundeonderwijs ontvangen zich enorm bezig, zeker of die operator \heartsuit wel of niet commutatief is. Als a (ik) van b houd(t), houdt b dan ook van a (mij)? Soms? Of een beetje? Vele liederen en hele boeken zijn geschreven over deze vraag. Waarschijnlijk beantwoordt een wiskundige deze vraag met *nee*: de operator \heartsuit is niet commutatief, want hij geldt niet altijd voor alle a en b . De wiskunde wil zekerheid geven en kijkt alleen naar die gevallen die altijd voor iedereen gelden. Dat maakt de wiskunde inderdaad opeens wel saai, de meeste gevallen bekijkt ze niet. Lagendijk ervaart het bekijken van alle andere mogelijkheden wellicht eerder als *roddelen* dan als wiskunde?

De wiskundige Devlin (2000) toont aan dat je voor wiskunde geen bijzondere hersenen nodig hebt in 'The Math Gene: How Mathematical Thinking Evolved and Why Numbers Are like Gossip'. Het opstellen en uitvoeren van ingewikkelde plannen, waarbij rekening wordt gehouden met diverse alternatieven en met het inspringen op de situatie van dat moment, is volgens Devlin een basis van taal en wiskunde. Zo is het hypothetische redeneren over de zeer vele, complexe sociale relaties tussen mensen een basis van taal en wiskunde. Dit is zo omdat wiskundig denken in feite neer komt op roddelen, zij het dan niet over betrekkingen tussen mensen, maar over betrekkingen die tussen abstracties centraal staan. Omdat iedereen taal beheerst, concludeert Devlin dat de wiskunde niet voor een apart slag mensen is weggelegd, maar dat iedereen ermee uit de voeten zou moeten kunnen.

Het *trucje* is je hersenen te laten denken dat die abstracte objecten eigenlijk concrete zaken zijn, zo stelt Devlin.

De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs is zo een *trucje*. Hypothetisch redeneren vindt plaats op basis van een hele brei aan gegevens waar je rekening mee moet houden. De grote lijnen vinden, doe je door vooral naar de overeenkomsten en de verschillen te kijken. Dan zie je snel de essentie, ofwel de grote lijnen waar het om gaat. Vervolgens kun je die essentie later in een nieuwe situatie beter toepassen, hetgeen we abstractie noemen. Neem bijvoorbeeld het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk (figuur 3.7). Als je alleen de betekenis geleerd wordt 'dit verkeersbord geeft aan dat je



Figuur 3.7: het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk.

voorrang hebt op de brug', dan betwijfel ik of dat zelfde bord op een andere plaats begrepen wordt. De brei aan indrukken die je hebt bij het zien van het bord, kan je hypothetische gedachten van de betekenis van het bord aardig op een verkeerd spoor zetten. Geeft de rode pijl aan dat je moet oppassen als de brug omlaag gaat? Of moet je oppassen dat je niet te hoog mag zijn om onder de brug door te kunnen? Een brei aan indrukken. Krijg je echter het voorbeeld te zien dat twee auto's komend van verschillende richtingen stilstaan op de brug, dan zie je dat die auto's elkaar niet kunnen passeren op de smalle brug. Eén van de auto's moet

achteruit rijden om de ander voorrang te verlenen. De betekenis van het verkeersbord volgt nu uit het nut waarom het daar is geplaatst, waardoor de betekenis terstond wordt aangevoeld. Mogelijk na goed kijken naar de beeltenis op het verkeersbord wordt ook duidelijk hoe het verkeersbord dat aangeeft, namelijk dat het verkeer in de richting van die rode pijl voorrang moet verlenen. Kom je hetzelfde bord in een andere situatie tegen, dan is de kans aanzienlijk dat je nog steeds weet wat dat verkeersbord betekent. Uitgaande van concrete voorbeelden en het zoeken naar de overeenkomsten en de verschillen wordt de essentie van de hele brei aan indrukken ontrafeld. De grote lijnen worden begrepen en daardoor neemt het abstractievermogen toe. Het vermogen namelijk om wat geleerd is, ook in een nieuwe situatie te kunnen toepassen. Dit is precies de denktrant zoals voorbeeldgestuurd onderwijs die voorstaat.

Voorbeeldgestuurd onderwijs biedt dus een opstap naar abstract denken. Dat meisjes daarbij een grotere opstap zullen ervaren dan jongens beschrijf ik in de volgende subparagraaf.

3.5.4 Meisjes ervaren een grotere opstap dan jongens

Volgens de socialisatietheorie van Chodorow (1978) leren meisjes doordat ze onmiddellijk met vragen kunnen komen over onzekerheden van hun ervaringen. Dit ervaren ze als een natuurlijk leerproces. Volgens dezelfde theorie leren jongens door de grote lijnen te accepteren zonder diepgaander overleg. Dat spreekt

meisjes niet aan. Dus wat goed is voor jongens, is niet goed voor meisjes, maar andersom geldt dat wel. Het accepteren van de onzekerheid geeft ook jongens de grootst mogelijke zekerheid.

Voorbeeldgestuurd onderwijs gaat ervan uit dat goede informatieoverdracht plaats vindt in drie lagen: de *feiten*, de *grote lijnen* en de *samenhang van de grote lijnen*. Bij de natuurkunde zijn de grote lijnen in de middelste laag de formules. Meisjes hebben extreem meer zekerheid nodig dan jongens voordat ze begrijpen waarvoor een formule dient. Die zekerheid wordt opgebouwd door het genereren van voorbeelden die ze goed begrepen hebben uit hun eigen ervaring, de bovenste laag. Daardoor accepteren ze eerder de *grote lijnen* in de middelste laag, de formules bij de natuurkunde. Meisjes vluchten bij de huidige manier van lesgeven voor de zekerheid in de onderste laag naar een reproductiegerichte leerstijl van het uit het hoofd leren van de *feiten*. Jongens daarentegen accepteren volgens de socialisatietheorie eerder de *grote lijnen* zonder zich af te vragen of ze de formules begrijpen en zij kunnen deze in het huidige onderwijs dan ook beter toepassen. Meisjes gaan van het gebruik van één laag in het huidige onderwijs naar het gebruik van drie lagen bij voorbeeldgestuurd onderwijs, en jongens van twee lagen naar drie lagen. De verwachting van het onderzoek is dus dat bij voorbeeldgestuurd onderwijs meisjes een grotere opstap zullen ervaren dan jongens. Maar een opstap ervaren doen ze allemaal.

Dit onderzoek verwacht: 'Voorbeeldgestuurd onderwijs, een opstap naar het abstract denken, vooral voor meisjes'. Dit leidt tot de uitgebreide vraagstelling.

3.6 De uitgebreide vraagstelling

Het aantal techniekstudenten in Nederland is laag. Het percentage vrouwelijke studenten binnen dat lage aantal techniekstudenten is ook laag. Al jaren proberen de regering en onderwijsdeskundigen dit aantal techniekstudenten te verhogen door het onderwijs beter te laten aansluiten bij de leerling. Zo is het nieuwe leren ontstaan met competentiegericht onderwijs, projectonderwijs en probleemgestuurd onderwijs. Bij het nieuwe leren verschuift de grote invloed 'van de theorie die de leraar vertelt' naar 'de vraag die de leerling stelt'. De leerling staat dus centraal in het nieuwe leren. Genoemde onderwijsvormen hebben een volledig andere organisatie dan klassikaal onderwijs. De keuze voor een technisch profiel vindt echter plaats in de onderbouw waar vaak nog klassikaal wordt lesgegeven.

Mijn onderzoek wil een herformulering geven van een informatieanalysemethode tot een onderwijsmethode, die de voordelen bevat van het nieuwe leren én die toch in een klassikale onderwijssituatie kan worden gebruikt. Daarbij komt de verwachting dat het nieuwe leren aansluit bij de manier waarop meisjes graag leren. De informatieanalysemethode die aan dit onderzoek ten grondslag ligt, wordt gestuurd vanuit voorbeelden. Daarom heb ik mijn methode *voorbeeldgestuurd onderwijs* genoemd.

We staan nu aan het begin van de beantwoording van onze drie onderzoeksvragen, zoals geformuleerd in 2.11. Met de kennis van zaken die we nu hebben zijn we in staat om de eerste twee onderzoeksvragen nauwkeuriger te formuleren. Zulk een nauwkeuriger formulering geeft ook beter richting aan het onderzoek. Dat geldt eveneens voor de derde onderzoeksvraag. Om de vraag over *beter leren* goed te kunnen beantwoorden moeten we immers veel weten over de context. Richting en relevante context komen in onderstaande kernvragen 3 en 4 duidelijk naar voren. Het gaat om de relaties, bevindingen en de didactiek die gevolgd wordt. Daarnaast is het belangrijk aandacht te schenken aan de effectiviteit van het leerproces en het leerplezier van voorbeeldgestuurd onderwijs. De belangrijkste vraag bij dit alles blijft evenwel of we hier met genderspecifieke verschillen te maken hebben.

Het hierna beschreven onderzoek gaat diepgaand in op de volgende kernvragen.

1. Kan een informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een door de leerling zelfstandig te gebruiken *leermethode* alsook tot een klassikaal bruikbare *lesmethode*?
2. Hoe kan de nieuwe leer- en lesmethode van het *voorbeeldgestuurd onderwijs* worden getoetst en toegepast in verschillende leer- en lespraktijken?
3. Welke zijn de relaties tussen enerzijds de bevindingen van de genderkritische leerpsychologie omtrent het leer- en lesgeefproces en de effectiviteit daarvan voor meisjes respectievelijk jongens, en anderzijds de didactiek van het competentiegericht onderwijs, het projectonderwijs en het probleemgestuurd onderwijs?
4. Welke verschillen in effectiviteit en leerplezier laten de geteste toepassingen van *voorbeeldgestuurd onderwijs* zien in vergelijking tot de oude praktijk? Zijn deze verschillen genderspecifiek?

3.7 Overzicht van het verrichte onderzoek

Hieronder geef ik eerst het verloop van het onderzoek weer. Daarna specificeer ik waar ik de vier kernvragen behandel en beantwoord.

In hoofdstuk 4 bespreek ik aan de hand van twee voorbeelden het stappenplan van *voorbeeldgestuurd leren*. Ik ga uitvoerig in op de methodiek en systematiek daarvan en ik vergelijk deze met de tegenwoordig veel gebruikte leermethoden. In hoofdstuk 5 observeer ik *voorbeeldgestuurd leren* in de praktijk. Allereerst gebruik ik het hierboven genoemde stappenplan om de volgende uitspraak te verklaren: 'ik leer snel cello spelen, omdat ik goed kan roeien'. Daarna illustreer ik met voorbeelden van een cursus natuurkunde dat meisjes zich bij dat vak onzekerder uiten dan jongens. Vervolgens presenteer ik de resultaten van twee groepen studenten die de informatieanalysemethode beheersten. De eerste groep van 88 studenten heeft de methode toegepast op een intelligentietest en de tweede groep van 56 studenten heeft de methode toegepast op het vervoegen van werkwoorden. In hoofdstuk 6 geef ik het stappenplan van *voorbeeldgestuurd lesgeven*. Vervolgens vergelijk ik *voorbeeldgestuurd lesgeven* met andere lesmethoden en in het bijzonder met probleemgestuurd onderwijs. In hoofdstuk 7 bespreek ik uitvoerig hoe je docenten in drie à vier lessen *voorbeeldgestuurd*

lesgeven kunt leren, waarbij studenten de les (bijna gegarandeerd) hoger beoordelen dan traditioneel gegeven lessen. De eerste serie lessen wordt gegeven op het HBO aan een gemengde groep van 24 studenten. De tweede serie lessen aan een groep die alleen uit mannelijke HBO studenten bestond. De derde serie lessen werd gegeven op het HAVO bij het vak natuurkunde. Uit de resultaten blijkt dat er een groot verschil is in beoordeling tussen meisjes en jongens.

Deelvraag 1 over de herformulering van een informatieanalysemethode tot een door de leerling zelfstandig te gebruiken leermethode wordt beantwoord in hoofdstuk 4 en de herformulering tot lesmethode in hoofdstuk 6. Deelvraag 2, hoe de nieuwe leer- en lesmethode van het *voorbeeldgestuurd onderwijs* kunnen worden getoetst, wordt beantwoord door de uitgevoerde toetsing in hoofdstuk 5 (leren) en hoofdstuk 7 (lesgeven). Deelvraag 3, over de relaties tussen genderkritische visies op het onderwijs en de nieuwe opvattingen over effectief leren, is deels al beantwoord in dit hoofdstuk 3. Ik ga erop door in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 staan de toepassingen van lespraktijken centraal. Bij deze lespraktijken wordt aandacht besteed aan genderspecifieke verschillen om deelvraag 4 te kunnen beantwoorden. In hoofdstuk 8 worden geobserveerde trends geformuleerd en in hoofdstuk 9 geef ik de conclusies aanbevelingen die daaruit volgen.

4 Voorbeeldgestuurd leren in theorie

De opleiding Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden gebruikt de Natuurlijke taal InformatieAnalyseMethode (NIAM) en afgeleiden daarvan, om de grote lijnen uit informatie te halen (Nijssen, 1991; Nijssen en de Vos, 1993; Eggink, Leenstra en Nijssen, 1995; Bakema, Zwart en van der Lek, 2000). Volgens Dietz (1992) moet een informatieanalysemethode voldoen aan de volgende drie eigenschappen voldoen: (1) exact, (2) essentieel en (3) integraal. De exactheid is in NIAM terug te vinden door een analyse niet uit te voeren in globale en abstracte termen, maar vanuit concrete relevante voorbeelden. Deze voorbeelden uit de bovenste laag van de informatieoverdracht bevatten alle essentiële informatie. De essentie van de informatie is bij NIAM terug te vinden door de voorbeelden in natuurlijke taal te vatten. Natuurlijke taal is het enige communicatiemiddel dat de opdrachtgever en de analist gemeenschappelijk hebben. Daardoor kunnen ze samen eventuele misconcepties in de analyse vermijden. De integratie van verschillende aspecten - feiten, proces en strategische aanpak - is tijdens de analyse bij NIAM terug te vinden in het stappenplan. Het uitvoeren van het stappenplan verzekert de analist van een exacte, essentiële en integrale analyse van de informatie. Daardoor ontstaan de grote lijnen om de computer te vertellen hoe wij mensen denken. Een vergelijkend onderzoek van de Nederlandse Gebruikersgroep van Gestructureerde Ontwikkelingsmethoden (NGGO, 1990) noemt NIAM bij uitstek geschikt voor gebruik in kunstmatige-intelligentie toepassingen. Het ligt dus voor de hand dat mensen deze methode niet alleen kunnen gebruiken om informatie te analyseren, maar ook kunnen gebruiken om hun eigen intelligentie beter te benutten. De methode heeft een stappenplan, aan de hand waarvan de analyse wordt uitgevoerd. De stappen zijn:

- (1) baken het gebied af waarnaar je kijkt,
- (2) verzamel relevante voorbeelden,
- (3) verwoord de voorbeelden,
- (4) maak de kleinste zinnen van de verwoording,
- (5) geef de grote lijnen en de begrippen weer,
- (6) teken de informatiegrammatica met de voorbeelden,
- (7) zoek naar overeenkomsten en verschillen,
- (8) plaats de grote lijnen in de ervaringswereld.

Ik behandel iedere stap van dit stappenplan in een aparte paragraaf aan de hand van twee voorbeelden. Het eerste voorbeeld is het leren begrijpen van de betekenis van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk, zoals dat is besproken in hoofdstuk 2. Het tweede voorbeeld is het oplossen van de intelligentietest die gebruikt is bij het veldwerk en waarvan de resultaten besproken zullen worden in 5.3. Na het geven van de voorbeelden, bespreek ik voor iedere stap de literatuur die betrekking heeft op het doel van die betreffende stap. Tenslotte bespreek ik in 4.9 het gebruik van het stappenplan.

4.1 Stap 1: baken het gebied af waarnaar je kijkt

In stap 1 wordt het behandelde gebied afgebakend: het bepalen van het zogenaamde *Universe of Discourse*. Het gebied van de werkelijkheid waarnaar je kijkt heeft zijn eigen gegevens, randvoorwaarden en taalgebruik. De eerste stap moet een duidelijke context afbakenen. De bijbehorende literatuur bespreek ik in 'Leren aan de hand van contextrijke voorstellingen'.

4.1.1 Voorbeelden van stap 1

Het eerste voorbeeld dat ik bij iedere stap ga gebruiken is het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk (zie figuur 4.1). Dit voorbeeld is uitvoerig besproken in hoofdstuk 2. Hieronder volgt de relevante informatie voor stap 1.

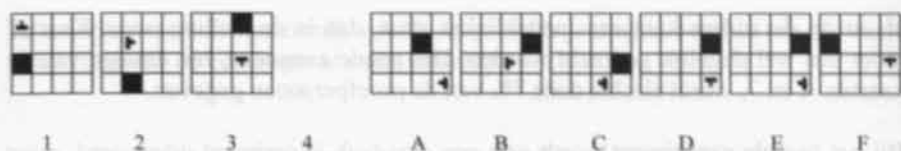


Figuur 4.1: het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk.

De vraag van de zoon luidde: "Wat betekent dit verkeersbord?" Om de betekenis van het verkeersbord te begrijpen, moet je eerst de context bepalen. Het gaat niet alleen om het verkeersbord, maar ook om de plaats van het verkeersbord. Het verkeersbord staat bij een brug waar een smalle weg overheen loopt. De weggebruikers moeten over de brug als ze de weg willen vervolgen. Deze gegevens behoren allemaal tot het gebied dat van belang is om de werking van het verkeersbord te begrijpen. Dat de brug over water gaat en dat de brug door de schippers zelf moet worden bediend, is voor het begrijpen van het verkeersbord niet belangrijk. Voor het bepalen van het *Universe of Discourse* wordt dit als ruis beschouwd.

Het tweede voorbeeld dat ik gebruik om iedere stap toe te lichten, is het oplossen van een intelligentietest. Deze intelligentietest is door een groep studenten opgelost met behulp van de informatieanalysemethode, waarvan de resultaten in hoofdstuk 5.3 worden besproken.

De opgave van de intelligentietest (zie figuur 4.2) luidt als volgt: gegeven zijn de figuren 1 tot 3 en de wetenschap dat slechts één van de figuren A tot F aansluit op de figuren 1 tot 3 (beide grenzen zijn inclusief: 1 tot 3 dient gelezen te worden als 1 tot en met 3; dit geldt ook voor A tot F). De vraag is: welk van de figuren A tot F past op plaats 4? Voor het oplossen moeten regels van overeenkomsten en verschillen worden gezocht in de figuren 1 tot 3. Vervolgens moet worden onderzocht welk van de figuren A tot F ook aan die regels voldoet, zodat er slechts één figuur overblijft.



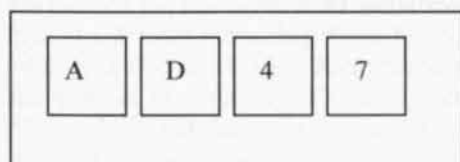
Figuur 4.2: opgave intelligentietest: slechts één van de figuren A tot F past op plaats 4.

De gegeven figuren 1 tot 3 en A tot F vormen, samen met de wetenschap dat er slechts één figuur van de verzameling A tot F het goede antwoord is, het gebied van de werkelijkheid dat we beschouwen om tot een oplossing te komen. Dit is het *Universe of Discourse* van deze intelligentietest.

4.1.2 Leren aan de hand van contextrijke voorstellingen

De eerste stap bij het gebruik van voorbeeldgestuurd onderwijs als leermethode, is het vinden van het *Universe of Discourse*: een afgebakend gebied dat de context weergeeft. Het bespreken van de seksspecifieke kenmerken van leren in hoofdstuk 3 had als empirische conclusie, dat meisjes liever leren in een brede contextrijke leeromgeving dan in een abstracte leeromgeving. Deze conclusie ondersteun ik hieronder door twee gelijksoortige experimenten te bespreken waarin gevraagd wordt om de juiste kaarten op tafel om te draaien. Het eerste experiment gaat uit van een vrij abstracte context. Het blijkt uit diverse waarnemingen dat proefpersonen de taak moeilijk vinden en er slecht op scoren (Hendriks, 1997). Het tweede experiment gaat uit van een contextrijke omgeving. Dit blijkt een positieve invloed op het percentage goede antwoorden te hebben (Griggs en Cox, 1982).

Het eerste experiment wordt, zoals gezegd, uitgevoerd in een vrij abstracte context. Een proefpersoon moet voor elke kaart in figuur 4.3 beslissen of die kaart wel of niet moet worden gedraaid voor het verifiëren van de volgende stelling: 'Indien op de ene kant van de kaart een klinker staat, staat op de andere kant van de kaart een even getal.' Uit onderzoek van Hendriks (1997) blijkt dat proefpersonen over het algemeen geen moeite hebben de kaart met de klinker A op de voorkant te kiezen en te draaien, om de stelling te verifiëren. Er dient



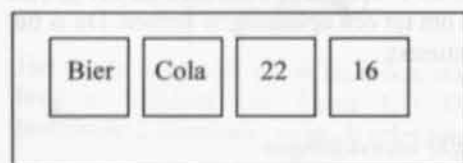
Figuur 4.3: de kaart-draaitaak van Wason (1966).

immers een even getal op de andere kant van de kaart te staan om ervoor te zorgen dat de stelling is; bij een oneven getal zou de stelling als niet waar gekarakteriseerd moeten worden. Veel van de proefpersonen (46%) draaien daarnaast ook de kaart met 4 erop. Dit is evenwel niet nodig. Het maakt voor de waarheid van de stelling namelijk niet uit of er

een klinker of medeklinker op de andere kant staat. Een kaart die de proefpersonen meestal over het hoofd zien te draaien om de stelling te verifiëren, is kaart 7. Als er op de andere kant van deze kaart een klinker staat, dan is de stelling onwaar en

als er op de andere kant een medeklinker staat, dan is de stelling waar. Kaart 7 moet dus wel degelijk gedraaid worden. Het goede antwoord, het draaien van de kaarten A en 7, wordt slechts door 7% van de proefpersonen gegeven.

Bij het tweede experiment wordt ook een draaitaak-experiment uitgevoerd, maar dan in een contextrijkere omgeving dan bij het eerste experiment. In figuur 4.4 wordt een probleem gegeven dat qua vorm identiek is aan figuur 4.3, behalve dat nu de context veel minder abstract is. Het is een kaart-draaitaak van Griggs en Cox (1982). "Je bent een politieagent die moet controleren of de alcoholwetten



Figuur 4.4: de kaart-draaitaak van Griggs en Cox (1982).

niet worden overtreden. De wet zegt: Indien iemand alcohol wil drinken moet zij ouder zijn dan 18 jaar. Op de volgende kaartjes staat informatie over een aantal personen die je moet controleren: op de ene kant staat iemands leeftijd en op de andere kant wat diegene drinkt. Kies de kaarten die je zeker moet omdraaien om te controleren of de bijbehorende

persoon in overtreding is of niet." Het Bier-kaartje wordt net als het A-kaartje in figuur 4.3 door vrijwel alle proefpersonen omgedraaid: ze kijken of de uitspraak waar is. Ook draaien bijna alle proefpersonen het 16-kaartje om: ze kijken of die persoon inderdaad geen alcohol drinkt. In het experiment van figuur 4.3 werd de 7-kaart betrekkelijk weinig omgedraaid (om te controleren of de uitspraak waar is). In dit contextrijke voorbeeld wordt het vaker gedaan. In een contextrijke omgeving blijkt het goede antwoord derhalve veel hoger te scoren dan in een abstracte omgeving, terwijl de aard en zelfs de vorm van beide presentaties identiek is. Het is opmerkelijk dat het beschreven verschil in context tot zo'n verschil in score leidt.

Het verschil in de twee taken kan verklaard worden met de mentale-modellentheorie van Johnson-Laird (1983). Volgens Johnson-Laird proberen proefpersonen zich bij het oplossen van een probleem een voorstelling te maken (een mentaal model te creëren) van wat er bedoeld wordt. Aan de hand van die voorstelling worden vervolgens beslissingen genomen. Het maken van een mentaal model is veel gemakkelijker aan de hand van een contextrijke presentatie dan aan de hand van een abstracte of contextarme. De analyse van het contextrijke voorbeeld leidt tot de grote lijn: 'als er alcohol wordt gedronken moet ik kijken of die persoon ouder is dan 18' want dan is de uitspraak waar. Daarnaast kom je bij deze contextrijke voorstelling tot de grote lijn door te verifiëren of de uitspraak niet waar is: 'als iemand jonger is dan 18 mag hij geen alcohol drinken'. Bij verificatie van een uitspraak moeten dus twee zaken getest worden (1) of de uitspraak waar is en (2) of de uitspraak onwaar is. Na ervaring opgedaan te hebben met het oplossen van de test in een contextrijke omgeving kun je vervolgens veel beter presteren op de abstractere kaart-draaitaak van figuur 4.3. Je moet verifiëren of de uitspraak waar is: dus moet je (1) controleren of de kaarten waar een klinker opstaat op de andere kant een even getal hebben en (2) moet je ook nog nagaan of er aan de andere kant van de 7-kaart wel een medeklinker staat. Aan de hand van

de ervaring van een contextrijk voorbeeld presteer je daarna beter in een abstracte omgeving, dus op een hoger abstractieniveau.

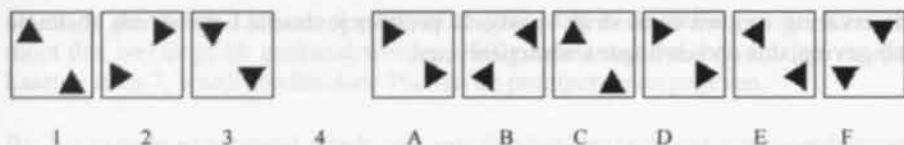
4.2 Stap 2: verzamel relevante voorbeelden

In stap 2 moeten concrete relevante voorbeelden verzameld worden. Deze voorbeelden moeten de essentie bevatten van wat er moet worden geleerd. Vaak zijn twee voorbeelden voldoende om vandaaruit door analyse de grote lijnen te vinden. Soms zijn er meer voorbeelden nodig. De overeenkomsten tussen de voorbeelden worden vervolgens vergeleken, evenals de verschillen om de uitzonderingssituaties te leren. De literatuur wordt besproken onder de titel 'Leren door het optimaal benutten van de voorkennis'.

4.2.1 Voorbeelden van stap 2

Voor het leren van de betekenis van het verkeersbord is een illustratief voorbeeld het moment dat twee auto's elkaar op de brug tegenkomen. Ze staan beide stil, want ze kunnen elkaar niet passeren op de smalle brug. Eén auto zal achteruit moeten rijden, om de andere auto voorrang te verlenen. Dit is een relevant voorbeeld waaruit duidelijk het nut van verkeersborden blijkt. Een ander voorbeeld zou kunnen zijn dat één van de twee auto's een 'grote dikke bus' is. Vrijwel elke bestuurder van een personenauto zal de moeilijk manoeuvreerbare bus voorrang verlenen. Onafhankelijk van het feit of de bus nu wel of geen voorrang heeft. Een derde voorbeeld is dat er niet twee motorvoertuigen tegelijkertijd de brug over willen rijden, maar een motorvoertuig en kinderen. Lopend kunnen de kinderen op de brug een auto nog net passeren: de bestuurder kijkt hopelijk goed uit. Zijn de kinderen op hun skelter dan is er echter te weinig ruimte om een auto te passeren. Dat voorbeeld is dus uitermate relevant als je kinderen wilt leren wat dat verkeersbord bij de brug betekent. Afhankelijk van de context moeten er dus meerdere voorbeelden verzameld worden om de betekenis van het verkeersbord te leren.

Voor het oplossen van de intelligentietest wordt bekend verondersteld dat er moet worden gezocht naar regelmaat in de figuren 1 tot 3. Vervolgens moet er vergeleken worden welke figuur A tot F deze regelmaat voortzet. Om de essentie duidelijk te maken hoe je tot een oplossing kunt komen, kunnen andere voorbeelden van intelligentietests eerst worden opgelost. Een voorbereidende intelligentietest staat bijvoorbeeld in figuur 4.5.



Figuur 4.5: opgave intelligentietest: slechts één van de figuren A tot F past op plaats 4.

Bij het zoeken naar de regelmaat in de figuren 1 tot 3 valt op dat beide driehoekjes in figuur 1 omhoog wijzen, in figuur 2 naar rechts en in figuur 3 omlaag. Zetten we deze regelmaat voort, dan moeten in figuur 4 beide driehoekjes naar links wijzen. Daaraan blijken figuur B en figuur E te voldoen. Een tweede regelmaat is dat in figuur 1 de driehoek ▲ naar boven wijst en linksboven staat, in figuur 2 is deze driehoek een kwartslag gedraaid met de wijzers van de klok mee ▶ en naar de hoek rechtsboven verhuisd, in figuur 3 is de driehoek weer een kwartslag gedraaid ▼ en in de hoek rechtsonder geplaatst. Door deze regelmaat zal in figuur 4 de driehoek weer een kwartslag gedraaid dienen te zijn ◀ en in de hoek linksonder moeten staan. Het enige antwoord dat dan nog mogelijk is, is antwoord B.

Bij nadere beschouwing hadden we de regelmaat van de plaats van beide driehoeken niet nodig. De regelmaat van het draaien alleen al leidt tot de goede oplossing. De regelmaat is dan: als je midden in figuur 1 een speld prikt krijg je de volgende figuur door een kwartslag met de wijzers van de klok mee te draaien. Ook met deze oplossingsstrategie kom je tot het goede antwoord B. Dit is één voorbeeld van het oplossen van een intelligentietest. Zo kunnen eventueel nog meer voorbeelden gegeven worden, tot het duidelijk is hoe een intelligentietest moet worden opgelost. Je moet namelijk de regelmaat ontdekken in de gegeven figuren om de reeks uit te breiden met slechts één van de gegeven alternatieven.

4.2.2 Leren door het optimaal benutten van de voorkennis

Goede voorbeelden om van te leren, moeten het liefst uit de ervaringswereld van de leerlingen komen. Daardoor sluiten ze direct aan bij de voorkennis van de leerling. In het onderzoek van de Münchener groep van Schneider, Korkel en Weinert (1988) bleken bij leerlingen met veel voorkennis geen verschillen in leerprestaties te bestaan tussen de intelligente en minder intelligente leerlingen. Ook bij de leerlingen met weinig voorkennis trad dit verschil tussen intelligente en minder intelligente leerlingen - tegen de verwachtingen in - niet op. Dit wil zeggen dat er een positieve correlatie tussen hoeveelheid voorkennis en leerprestaties bestaat ook na uitpartialisering van de intelligentie (de positieve correlatie bestaat dus altijd). In een tussenconclusie merk ik op dat voorkennis een lage intelligentie kan compenseren, maar andersom niet: dus intelligentie kan niet een beperkte voorkennis compenseren. Voorkennis is dus vaak een betere voorspeller van leerprestaties dan intelligentie. Bij het leren moet je daar gebruik van maken door relevante voorbeelden uit de ervaringswereld te verzamelen.

Ook Dochy (1992) is van mening dat er meer energie zou terugvloeien bij het leren als de voorkennis beter wordt gebruikt. Dochy geeft daarvoor als verklaring dat voorkennis ervoor zorgt dat leerlingen nieuwe informatie op een andere manier structureren in het geheugen. De leerlingen kunnen zodoende de nieuwe kennis op allerlei verschillende manieren relateren aan bestaande kennis. Zo ontstaat een veelheid aan wegen die naar de informatie leidt. Mensen met veel voorkennis beschikken over meer aanknopingspunten dan mensen met weinig voorkennis. Zij gebruiken bij het leren hun bestaande netwerken en passen hier de nieuwe informatie in. Daarnaast weten leerlingen met veel voorkennis beter wat belangrijk is en wat niet, en kunnen ze sneller aan bekende gedeelten voorbijgaan dan leerlingen zonder voorkennis. Doordat er overlap is tussen wat geleerd moet worden en wat al geleerd is, kunnen de representaties steeds economischer worden opgebouwd. De representaties kunnen van velerlei aard zijn, en bestaan bijvoorbeeld uit woorden, beeld of geluid. Goed gekozen voorbeelden kunnen bij het leren dienen als aanknopingspunt om te onthouden. Bovendien zorgen ze er voor dat de nieuwe kennis die op school wordt opgedaan, geïntegreerd wordt met de voorkennis. De voorkennis zal dus vaker en efficiënter worden gebruikt en dat heeft een gunstige invloed op de leerprestaties.

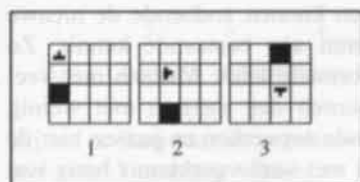
4.3 Stap 3: verwoord de voorbeelden

In stap 3 worden de verzamelde voorbeelden van stap 2 verwoord. Zoals hierboven reeds is gezegd, kunnen de voorstellingen in allerlei representaties worden uitgedrukt. Het uitgangspunt van de informatieanalysemethode is dat elke vorm van informatie is terug te voeren tot een verzameling zinnen. Daarbij wordt alleen gekeken binnen het gebied dat in stap 1 is afgebakend. In de verwoording wordt gebruik gemaakt van het jargon zoals dat geldt bij de in stap 2 verzamelde voorbeelden. Eventuele niet relevante ruis wordt weggelaten. De literatuur wordt besproken onder de titel 'Leren door een verwoording van de leerling zelf'.

4.3.1 Voorbeelden van stap 3

De verwoording van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk zou na het zien van de voorbeelden in stap 2 kunnen luiden: "Als je van deze kant komt, rijd je in de richting van de rechter pijl en die is wit. Je hebt dan voorrang op de auto's die van de andere kant komen, dat verkeer wordt weergegeven door de rode pijl. Maar bussen houden zich daar misschien niet aan en een skelter heeft geen voorrang." De groene plekken mos op het verkeersbord en de paal die scheef staat, worden gezien als niet relevant voor de betekenis van het verkeersbord, dus worden beschouwd als *ruis*. De blauwe ondergrondkleur van het verkeersbord en de rechthoekige vorm worden als niet relevant geacht, om de betekenis van dit ene verkeersbord bij de smalle brug in Aldtsjerk te leren. Pas als je meerdere verkeersborden vergelijkt, zal het opvallen dat er ook verkeersborden zijn die geen blauwe ondergrondkleur hebben en niet rechthoekig van vorm zijn. Dan is echter het afgebakende gebied niet meer dat ene verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk,

zoals we bij stap 1 hadden aangenomen. Voor de uitleg van dit ene verkeersbord is de blauwe kleur en de rechthoekige vorm dus ook ruis.



Figuur 4.6: opgave intelligentie-test.

Bij de intelligentietest zou de verwoording van het weergeven van de regelmaat in de figuren 1 tot 3 als volgt kunnen luiden: "In figuur 1 staat het teken \uparrow in de 1^{ste} kolom vanaf links, in figuur 2 in de 2^{de} kolom en in figuur 3 in de 3^{de} kolom. Datzelfde geldt voor het teken \blacksquare . Het teken \uparrow staat in figuur 1 in rij 4 vanaf onder, in figuur 2 in rij 3, enzo door. Het teken \blacksquare staat in figuur 1 in rij 2, in figuur 2 in rij 1 en in figuur 3 in rij 4. Het teken \uparrow staat in figuur 1 naar boven gericht, in figuur 2 naar rechts en in figuur 3 naar beneden. Het draait steeds een kwartslag met de wijzers van de klok mee." Iedereen geeft met een eigen verwoording de regelmaat van deze figuren. Mogelijk worden de rijen en kolommen niet apart genummerd, maar wordt ieder vakje met behulp van coördinaten weergegeven. Dan luidt een gehele andere verwoording als volgt: "Het \blacksquare staat in figuur 1 op coördinaat (A,2), in figuur 2 op (B,1) en in figuur 3 op (C,4). Het teken \uparrow staat in figuur 1 op (A,4), in figuur 2 op (B,3) en in figuur 3 op (C,2). Het \uparrow teken wijst in figuur 1 naar het Noorden, in figuur 2 naar het Oosten en in figuur 3 naar het Zuiden." Van nog weer een andere verwoording luidt het begin: "De plaats van \blacksquare in figuur 2 vind je door te spiegelen over de opwaartse diagonaal vanuit het linker beneden hoekpunt van figuur 1." Dit zijn voorbeelden van geheel verschillende verwoordingen om tot een oplossing te komen. Iedereen zal een eigen verwoording hebben die als uitgangspunt dient om de grote lijnen van de informatie vast te leggen.

4.3.2 Leren door een verwoording van de leerling zelf

Elke persoon heeft een eigen verwoording van de informatie die de persoon zelf het best begrijpt. Het grondbeginsel (Nijssen, 1993) van de informatieanalyse-methode is dat we bij informatisering te doen hebben met veel verschijningsvormen van informatie, zoals woord, beeld en geluid. Al deze verschijningsvormen kunnen worden omgezet in een universele vorm, namelijk een verzameling zinnen in de natuurlijke taal die mensen kunnen formuleren en opschrijven. Bij de informatieanalyse-methode vraagt de opdrachtgever aan een software engineer een computerprogramma te maken. Dat computerprogramma moet voldoen aan de eisen en wensen van de opdrachtgever. Aan de hand van dat pakket van eisen en wensen gaat de software engineer het gevraagde programma maken. Een goed contact is nodig tussen de opdrachtgever en de software engineer, om ervoor te zorgen dat het computerprogramma inderdaad doet wat de opdrachtgever wenst. De enige manier waarop de opdrachtgever en de software engineer kunnen communiceren zodat er geen misconcepties ontstaan, is in gewone taal.

Bij het leren gaat dat analoog. Alle informatie wordt eerst verwoord, om tijdens het leerproces misconcepties te vermijden. Het is daarbij essentieel dat de leerling zelf de informatie verwoordt, omdat alleen zij zelf weet wat zij bedoelt met wat zij heeft opgeschreven. Er zijn grote verschillen tussen de manier waarop leerlingen bij het leren met een tekst omgaan. Onderzoek naar metacognitieve vaardigheden via de methode van hardop-leren wijst op het bestaan van belangrijke individuele verschillen (Vermunt, 1984; Simons en Lodewijks, 1987; De Jong, 1992). De beter presterende leerlingen toetsen zichzelf tijdens het lezen voortdurend op het begrijpen van de tekst: door eigen voorbeelden te verzinnen, door de paragraaf in eigen woorden weer te geven, door tijdens een daarvoor ingelaste pauze in het lezen na te denken over de tekst, door te onderstrepen of door te letten op inconsistenties in de tekst. De slechter presterende leerlingen toetsen zichzelf ook, in feite even vaak als de beter presterende leerlingen. Deze minder presterende leerlingen toetsen echter niet of ze de tekst begrepen hebben, maar of ze deze kunnen reproduceren (vaak zin voor zin).

Bij de informatieanalysemethode leert de leerling niet door reproductie van de tekst van een ander, maar via een eigen verwoording. Deze verwoording wordt door de leerling gemaakt en begrepen. Tijdens het verwoorden moet de leerling de reeds verwoorde informatie arceren, om te waarborgen dat alle informatie wordt verwoord. De leerling moet steeds kiezen of de informatie relevant is en gearceerd moet worden of dat de informatie in de categorie ruis valt. Dit verwoorden en arceren is op deze manier een heel actief proces. Belangrijke en onbelangrijke zaken in de informatie worden daarbij gescheiden. De tekst die op papier komt is de verwoording van wat de leerling denkt dat de informatie voorstelt. Eventuele misconcepties in de verwoording van de leerling worden er in het vervolg van de methode uitgehaald. Tijdens het opschrijven van de verwoording worden mentale voorstellingen van de informatie gemaakt. Het maken van voorstellingen en het goed begrijpen van de tekst is wat de beter presterende leerling vanzelf al doet. Dit gedrag wordt in de methode aangemoedigd voor iedere leerling.

4.4 Stap 4: maak de kleinste zinnen van de verwoording

In stap 4 wordt de opgeschreven verwoording van stap 3 opgedeeld in de kleinste mogelijke zinnen zonder verlies van informatie. Bij het vormen van de kleinste mogelijke zinnen worden alle feiten nauwkeurig opgedeeld en bekeken. Ieder zinnetje geeft een klein deel van de informatie weer en krijgt bij het vormen ervan alle aandacht. De kleinste mogelijke zinnen zorgen voor een zo nauwkeurig mogelijke beschrijving van de eigenschappen van alle begrippen die relevant zijn in het afgebakende gebied. De meeste van deze kleinste mogelijke zinnen zullen vaker voorkomen met wisselende gegevens. De gelijksoortige kleinste mogelijke zinnen worden bij elkaar geplaatst: de elementaire zinnen. Zo krijg je een duidelijk beeld van de belangrijke zinnen uit de informatie en de feiten die daarbij veranderen. De literatuur wordt besproken onder de titel 'Opsplitsen van informatie in kleinste mogelijke zinnen'.

4.4.1 Voorbeelden van stap 4

Stel dat de verwoording van de feiten van het verkeersbord in Aldtsjerk luidt: "Als je van deze kant komt rijd je in de richting van de rechter pijl en die is wit. Je hebt dan voorrang op de auto's die van de andere kant komen die worden weergegeven door de rode pijl". Dan zou de opdeling in kleinst mogelijke zinnen zonder informatieverlies kunnen luiden:

Zin 1 De rechter pijl stelt het verkeer in deze richting voor.

De linker pijl stelt het verkeer in de andere richting voor.

en

Zin 2 De rechter pijl is wit.

De linker pijl is rood.

In het voorbeeld van de intelligentietest ga ik uit van de verwoording: "In figuur 1 staat het teken \perp in de 1^{ste} kolom, in figuur 2 in de 2^{de} kolom en in figuur 3 in de 3^{de} kolom. Datzelfde geldt voor het \blacksquare . Het teken \perp staat in figuur 1 in de bovenste rij 4, in figuur 2 een rij lager, enzo door. Het teken \blacksquare staat in figuur 1 in rij 2, in figuur 2 in rij 1 en in figuur 3 in rij 4. Het teken \perp staat in figuur 1 naar boven gericht, in figuur 2 naar rechts en in figuur 3 naar beneden. Het draait steeds een kwartslag met de wijzers van de klok mee." Bij het opdelen van deze verwoording vind je de eerste kleinst mogelijke zin: "In figuur 1 staat het teken \perp in de 1^{ste} kolom." Dat geeft als eerste kleinst mogelijke zin zonder informatieverlies:

Zin 1 In figuur 1 staat het teken \perp in de 1^{ste} kolom.

Daarna volgt in de verwoording "in figuur 2 in de 2^{de}". Daarmee wordt bedoeld "in figuur 2 staat het teken \perp in de 2^{de} kolom". Dat is een gelijksoortige zin die we al hadden opgeschreven en waarbij we al andere waarden hadden ingevuld. Dat geldt ook voor het volgende stukje van de verwoording "in figuur 3 in de 3^{de} kolom". Zo krijgen we de gelijksoortige zinnen met verschillende waarden:

Zin 1 In figuur 1 staat het teken \perp in de 1^{ste} kolom.

In figuur 2 staat het teken \perp in de 2^{de} kolom.

In figuur 3 staat het teken \perp in de 3^{de} kolom.

Alleen de eerste keer wordt de zin helemaal opgeschreven, in de volgende zinnen alleen de veranderde gegevens. Door deze layout komt duidelijk naar voren welke waarden in de kleinst mogelijke zin veranderen. Zin 1 wordt dan:

Zin 1 In figuur 1 staat het teken \perp in de 1^{ste} kolom.

2 2^{de}

3 3^{de}

Het grote voordeel van deze manier van noteren is dat de begrippen waar het in de zin omgaat duidelijk opvallen door de wisselende waarden. In deze zin valt door de layout op dat de begrippen *figuur* en *kolom* belangrijk zijn.

Het deel van de verwoording dat is omgezet naar kleinst mogelijke zinnen wordt gearceerd of onderstreept. Op deze manier wordt duidelijk aangegeven welk deel van de verwoording reeds is omgezet, waardoor de volledigheid wordt gewaarborgd. Na de hierboven beschreven omzetting ziet het begin van de verwoording er als volgt uit: "In figuur 1 staat het teken \perp in de 1^{ste} kolom. in figuur 2 in de 2^{de} kolom en in figuur 3 in de 3^{de} kolom. Datzelfde geldt voor het \blacksquare

teken ...". Het volgende deel van de verwoording dat moet worden omgezet naar kleinst mogelijke zinnen luidt "Datzelfde geldt voor het ■ teken". De leerling kan zonder informatieverlies geen gebruik maken van de verwijzing naar zin 1 van *Datzelfde*. De leerling zal dit in de volgende kleinst mogelijke zin dus expliciet moeten benoemen. Met *Datzelfde* wordt bedoeld: "In figuur 1 staat het teken ■ in de 1^{ste} kolom". Op deze manier krijgt de leerling van het vervolg van de verwoording de volgende gelijksoortige kleinst mogelijke zinnen:

| | | | | |
|-------|-----------|---|-------------------------|-------------------------|
| Zin 2 | In figuur | 1 | staat het teken ■ in de | 1 ^{ste} kolom. |
| | | 2 | | 2 ^{de} |
| | | 3 | | 3 ^{de} |

Dit is een volstrekt juiste elementaire zin. Het valt op dat ook in deze zin van ieder figuur iets over een kolom wordt gezegd. Bij het vergelijken van zin 1 en zin 2 blijken de genoemde begrippen en de ingevulde waarden gelijk te zijn. De verwoording "Datzelfde geldt voor het ■ teken...." had achteraf beter verwoord kunnen worden door "De beide tekens staan in ieder figuur in dezelfde kolom". Het blijkt tijdens de analyse dat het efficiënter is om beide zinnen te vervangen door één zin:

| | | | | |
|-------|-----------|---|--------------------------|-------------------------|
| Zin 1 | In figuur | 1 | staan beide tekens in de | 1 ^{ste} kolom. |
| | | 2 | | 2 ^{ste} |
| | | 3 | | 3 ^{de} |

Sommige leerlingen hadden ongetwijfeld al direct bij de verwoording aangegeven dat beide tekens in dezelfde kolom staan. Anderen komen daar pas achter bij het zorgvuldig, zin voor zin, ontrafelen van de verwoording. Zo helpt de methode tijdens het uitvoeren van het stappenplan een efficiëntere oplossing te vinden.

Op analoge wijze worden de overige kleinst mogelijke zinnen behorend bij de gegeven verwoording genoteerd:

| | | | | |
|-------|-----------|---|------------------------|-----------------------|
| Zin 2 | In figuur | 1 | staat \perp in de | 4 ^{ste} rij. |
| | | 2 | | 3 ^{de} |
| | | 3 | | 2 ^{de} |
| Zin 3 | In figuur | 1 | staat ■ in de | 2 ^{de} rij. |
| | | 2 | | 1 ^{de} |
| | | 3 | | 4 ^{de} |
| Zin 4 | In figuur | 1 | staat \perp richting | N. |
| | | 2 | | O |
| | | 3 | | Z |

4.4.2 Opsplitsen van informatie in de kleinst mogelijke zinnen

De leerlingen construeren in hun eigen woorden de kleinst mogelijke zinnen. Deze zinnen geven feiten en belangrijke begrippen weer in de informatie, want met behulp van de belangrijke begrippen formuleer je de feiten. De leerling rafelt daardoor de eigenschappen van de begrippen uiteen. Volgens Ausubel (1986) is de eigen activiteit een van de belangrijkste zaken voor cognitieve processen en strategieën bij de begripsvorming van de leerling. Begrippen ontstaan niet door een passieve overname van een gegeven definitie; zij moeten door de leerling actief geconstrueerd worden door handelend en denkend met het materiaal bezig te zijn.

Bij dit actief denken en handelen spelen zowel de begripsmatige voorkennis als allerlei algemene denkactiviteiten, zoals abstraheren, discrimineren, hypothesen opstellen en toetsen, een grote rol (Tennyson, 1994). Dat een leerling wellicht niet meteen de goede weg neemt, is helemaal niet erg. Juist dan moet de leerling beslissingen nemen om tot een goede formulering van nieuwe begrippen te komen. Dat leerlingen niet regelrecht op het einddoel afgaan, is het voornaamste verschil tussen de sturende en zelfontdekkende beheersing van een begripsschema. Bij de zelfontdekkende aanpak gaan de leerlingen niet regelrecht op het einddoel af, maar kunnen zij *door vallen en opstaan* en langs allerlei schijnbaar *onnodige* omwegen het begripsschema zelf construeren, aldus Klausmeier (1985). Dat helpt hen bij het opsporen van leemten, tegenstrijdigheden en misvattingen in hun bestaande kennisrepertoire.

Door uiteenrafeling in kleinst mogelijke zinnen construeren de leerlingen actief een begripsschema. Daarmee kunnen ze begripsmatig op een hoger niveau functioneren.

4.5 Stap 5: geef de grote lijnen en de begrippen weer

In stap 5 worden de gebruikte begrippen en de relaties tussen de begrippen weergegeven met behulp van de kleinst mogelijke zinnen van stap 4. In de kleinst mogelijke zinnen worden alleen de waarden die veranderen weergegeven. Daardoor komen in de zinnen de veranderingen duidelijk naar voren. In deze stap worden alle begrippen die veranderen, benoemd en bij ieder begrip wordt vermeld waarmee het wordt aangeduid. Vervolgens worden de zinnen met behulp van de benoemde begrippen in algemeen geldende grote lijnen weergegeven. Bij deze stap worden de kleinst mogelijke zinnen uit de voorbeelden gekoppeld aan de abstracte grote lijnen. De literatuur wordt besproken onder de titel 'Aangeven van structuur met grote lijnen en begrippen'.

4.5.1 Voorbeelden van stap 5

Bij het voorbeeld van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk luiden de elementaire zinnen:

- | | | | |
|------|--------------------------------------|-----------|----------------|
| Zin1 | De rechter pijl stelt het verkeer in | deze | richting voor. |
| | linker | de andere | |
| Zin2 | De rechter pijl is wit. | | |
| | linker | rood | |

Beide zinnen zeggen iets over het begrip *pijl*. In zin 1 zegt het begrip *pijl* iets over het begrip *richting* en in zin 2 zegt het begrip *pijl* iets over het begrip *kleur*. In deze elementaire zinnen worden dus drie begrippen genoemd. Alle begrippen moeten in deze stap een eenduidige naam krijgen en van alle begrippen moet worden aangegeven waarmee ze worden aangeduid. Om aan te geven dat het over een begrip gaat, wordt de naam van het begrip tussen < > geplaatst.

Begrippen <pijl> aan rechter of linkerkant.
 <richting> van deze of andere kant.
 <kleur> wit of rood.

De omschreven begrippen worden op de plek van de veranderende waarden in de zinnen geplaatst. Zo ontstaan de verschillende typen zinnen die de grote lijnen weergeven van de informatie:

Grote lijn 1 <pijl> stelt verkeer in <richting> voor.
 Grote lijn 2 <pijl> heeft <kleur>.

In het voorbeeld van de intelligentietest worden de gebruikte begrippen en de grote lijnen die daaruit ontstaan als volgt met elkaar verbonden:

Begrippen <figuur> met figuurnummer 1 tot 4.
 <kolom> met kolomnummer 1 tot 4.
 <rij> met rijnummer 1 tot 4.
 <richting> met N, O, W, Z.

Grote lijn 1 In <figuur> staan beide tekens in <kolom>.
 Grote lijn 2 In <figuur> staat het teken \perp in <rij>.
 Grote lijn 3 In <figuur> staat ■ in <rij>.
 Grote lijn 4 In <figuur> heeft \perp <richting>.

4.5.2 Aangeven van structuur met grote lijnen en begrippen

Het onderzoek van Schmeck, Geisler-Brenstein en Cercy (1989) leverde aanwijzingen op dat er drie verschillende aanpakken te onderscheiden zijn bij het leren van begrippen. In de eerste aanpak proberen studenten het begrip te leren via het zoeken naar interne verbanden binnen het studiemateriaal; dit wordt (1) *diep verwerken* genoemd. In de tweede aanpak proberen studenten het begrip te leren via het zoeken naar structuur tussen de studiestof en de zaken die bekend zijn uit persoonlijke ervaring; dit heet (2) *elaboratief verwerken*. In de derde plaats onderscheiden de schrijvers nog de strategische benadering van (3) het *onthouden van feiten*. Die laatste heeft betrekking op de mate waarin studenten feitelijke, gedetailleerde informatie verwerken en onthouden. Bij voorbeeldgestuurd leren worden deze drie verschillende aanpakken gecombineerd. Aan de hand van voorbeelden uit hun ervaringswereld, waarbij leerlingen gebruikmaken van *elaboratief verwerken*, vinden ze door het uitvoeren van het stappenplan de grote lijnen. De abstracte grote lijnen geven de interne verbanden tussen de begrippen aan waardoor leerlingen de lesstof *diep kunnen verwerken*. Voorts kunnen leerlingen gebruik maken van de begrippen die reeds aanwezig zijn, waardoor ze de nieuwe kennis gemakkelijk kunnen onthouden.

Ausubel (1968) formuleerde een cognitieve onderwijstheorie, die de nadruk legde op het feit dat nieuwe informatie direct zou moeten aansluiten bij reeds eerder verworven informatie. Ausubel ging ervan uit dat informatie in het geheugen hiërarchisch georganiseerd is. Dit wil zeggen dat de begrippen en principes in ons hoofd gerelateerd zijn, of gerelateerd kunnen worden, aan onder- en bovengeschiedte begrippen. Dat kan alleen wanneer er in het geheugen een relatie gelegd wordt tussen nieuwe informatie en bestaande begrippen. Ausubel sprak van

een cognitieve structuur, waarbij sprake is van betekenisvol leren, *meaningful learning*. In de overige gevallen is er sprake van uit het hoofd leren, *rote learning*. Bij voorbeeldgestuurd leren vindt de leerling de relaties tussen de begrippen door het uitvoeren van het stappenplan. Elke relatie op zichzelf is begripsvormend tot de begrippen. Hierbij worden de relaties gezien als ankerpunten die een geheugenspoor tot stand brengen om het begrip adequaat te formuleren en voor lange tijd te onthouden. Door deze activiteit komen leerlingen al zelfontdekkend tot een vorm van *meaningful learning*, oftewel tot een diepe verwerking van het begrip.

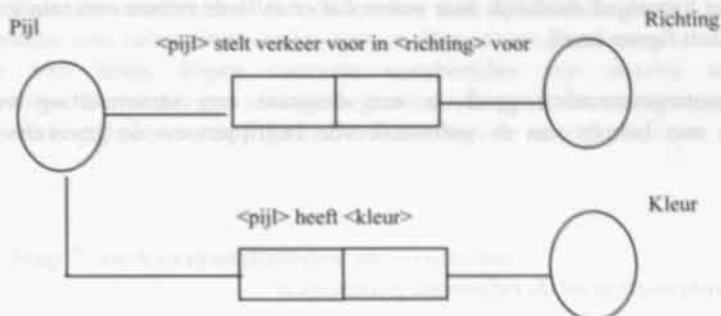
4.6 Stap 6: teken de informatiegrammatica met de voorbeelden

In stap 6 worden de begrippen en grote lijnen van de informatie zoals die gevonden zijn bij stap 5 in een overzichtelijk diagram weergegeven. In het diagram worden de begrippen voorgesteld door rondjes. Bij de rondjes wordt de naam van het begrip gezet. De grote lijnen worden weergegeven door een aantal rechthoekjes naast elkaar. Het aantal rechthoekjes is afhankelijk van het aantal begrippen dat in de grote lijn een rol speelt. Voor ieder begrip wordt één rechthoekje getekend. Ieder rechthoekje wordt verbonden met het begrip dat daar gebruikt wordt. Zo ontstaat een diagram van begrippen, grote lijnen en relaties daartussen. De getekende verbindingen geven aan welke begrippen gebruikt worden in de grote lijnen van de informatie. Op deze manier wordt de structuur grafisch weergegeven in een diagram. Zo ontstaat de informatiegrammatica die een samenvatting geeft van de informatie. De informatiegrammatica wordt waardevoller door bij de grote lijnen de voorbeelden te plaatsen die als ankerpunt kunnen dienen. De literatuur wordt besproken onder de titel 'Samenvatten tot de informatiegrammatica'.

4.6.1 Voorbeelden van stap 6

De structuur van de informatie van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk geeft drie begrippen weer: de <pijl>, de <richting> en de <kleur>. Met gebruikmaking van de begrippen zijn twee grote lijnen geformuleerd: '<pijl> stelt verkeer voor in <richting>' en '<pijl> heeft <kleur>'. Het bijbehorend diagram is weergegeven in figuur 4.7.

Het diagram in figuur 4.7 laat zien dat twee grote lijnen belangrijk zijn. De structuur komt duidelijk naar voren, omdat de begrippen verbonden zijn met de rechthoekjes op de plaats waar ze moeten worden ingevuld. We zien dat het begrip <pijl> in beide grote lijnen een rol speelt. Eén grote lijn zegt iets over de richting van de pijl en de andere grote lijn zegt iets over de kleur van de pijl.

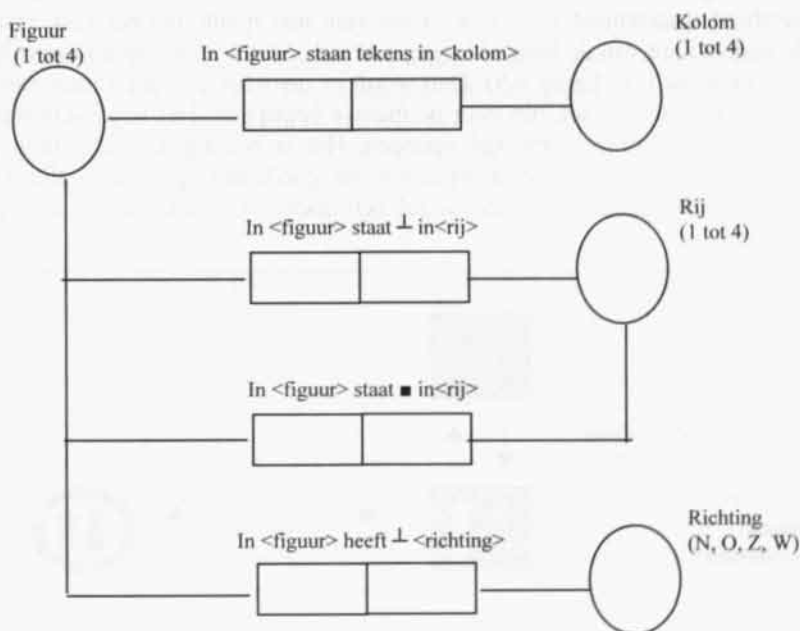


Figuur 4.7: het diagram behorend bij de analyse van de betekenis van het verkeersbord in Aldtsjerk.

Bij de intelligentietest worden er in de structuur vier begrippen genoemd, <figuur>, <kolom>, <rij> en <richting>. Met behulp van deze begrippen zijn de vier grote lijnen gegeven:

- Grote lijn 1 In <figuur> staat beide tekens in <kolom>.
- Grote lijn 2 In <figuur> staat het teken \perp in <rij>.
- Grote lijn 3 In <figuur> staat ■ in <rij>.
- Grote lijn 4 In <figuur> heeft \perp <richting>.

Het bijbehorend diagram wordt getoond in figuur 4.8. In het diagram zijn de vier begrippen en de vier grote lijnen weergegeven. Door de loop van de verbindingen is duidelijk te zien dat in iedere grote lijn het begrip figuur een rol speelt. Verder



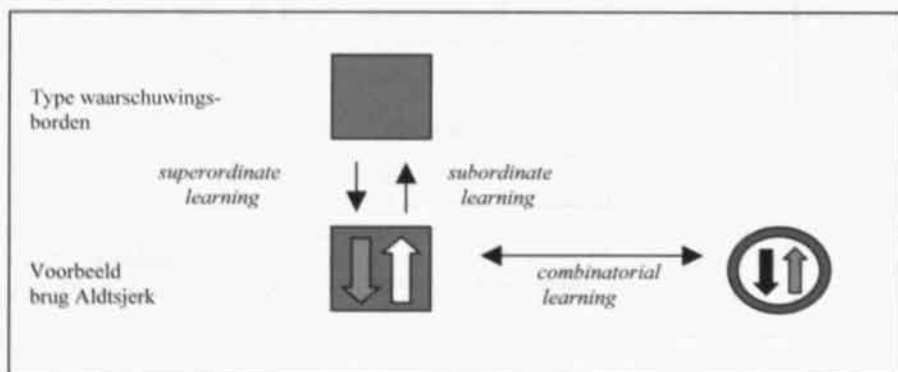
Figuur 4.8: het diagram behorend bij de analyse van de intelligentietest.

komt in het lijnenspel duidelijk naar voren dat er in twee zinnen een relatie wordt gelegd tussen figuur en rij.

De informatiegrammatica geeft in een diagram een samenvatting van de informatie met behulp van de geformuleerde begrippen en de gevonden grote lijnen.

4.6.2 Samenvatten tot de informatiegrammatica

Het samenvatten van de informatie gebeurt in de informatiegrammatica. Deze geeft alle begrippen weer en de relaties tussen de begrippen. Bij betekenisvol leren, zo stelde Ausubel (1964) moeten adequate ankerpunten gevonden worden waaraan nieuwe informatie vastgeknoot kan worden. Hij onderscheidde drie mogelijkheden. Ten eerste, de meer concrete, specifieke en ondergeschikte begrippen dienen te worden gerelateerd aan meer algemene, abstracte, bovengeschiedte ankerpunten, Ausubel noemde dat *subordinate subsumption*. Bij het voorbeeld van het leren van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk, kan dat met de uitspraak: 'Dit blauwe rechthoekige verkeersbord waarschuwt, dus is een waarschuwbord'. Ten tweede, algemene, abstracte en bovengeschiedte informatie dient te worden gerelateerd aan meer concrete, specifieke en ondergeschikte ankerpunten, *superordinate learning*. Een voorbeeld daarvan is 'Alle blauwe rechthoekige verkeersborden zijn waarschuwborden, dus dit verkeersbord is een waarschuwbord'. Ten derde, *combinatorial learning* is noch bovengeschiedt, noch ondergeschikt. Dat kan met de uitspraak: 'Het verkeersbord waarschuwt voor verkeer dat zich niet houdt aan het verkeersbord aan de andere kant van de brug'. De weg van *subordinate subsumption* is volgens Ausubel de beste (zie figuur 4.9). Dan wordt er namelijk geleerd vanuit mentale voorstellingen die relevant zijn voor de nieuwe begrippen. Het leren sluit daarbij aan en kan daardoor betekenisvol verlopen. Het is belangrijk voorstellingen te hebben met voldoende inherente stabiliteit om goede ankerpunten te zijn. Deze ankerpunten kunnen een integrerende rol vervullen om nieuwe kennis bij aan te laten sluiten.



Figuur 4.9: schematische weergave van de mogelijke adequate ankerpunten voor betekenisvol leren volgens Ausubel (1964).

Vanuit concrete voorbeelden leidt de leerling zelf de abstracte grote lijnen af, dus met behulp van *subordinate subsumption*. Dat is een betekenisvolle en zekere manier van leren. Eigen concrete voorbeelden zijn daarbij uitstekende ankerpunten. De verkregen informatiegrammatica geeft de samenvatting van de relaties en begrippen van de informatie, samen met de ankerpunten.

4.7 Stap 7: zoek overeenkomsten en verschillen

In stap 7 worden de overeenkomsten en verschillen tussen de voorbeelden gezocht. De discussie over het vinden van de overeenkomsten en de verschillen vindt plaats in een zogenaamde *verduidelijkingsdialoog*. De belangrijkste punten in de discussie zijn de *totaliteit* en *uniciteit*. De *totaliteit* geeft aan of voor alle waarden van dat begrip de grote lijn geldt. De *totaliteit* wordt weergegeven door een ● op de verbinding van het begrip met de grote lijn te plaatsen. De *uniciteit* geeft aan of een waarde van een begrip bij een bepaalde grote lijn uniek is, dus slechts één keer voorkomt. De *uniciteit* wordt weergegeven met een ↔ boven het rechthoekje in de grote lijn waar een bepaalde waarde slechts één keer mag worden ingevuld. Na de voorbeelden ga ik in 4.7.2 nader in op het beter gebruiken van de eigen intelligentie. Dit leidt tot een kortere oplossing. De literatuur wordt besproken onder de titel 'Gezellig leren tijdens de verduidelijkingsdialoog'.

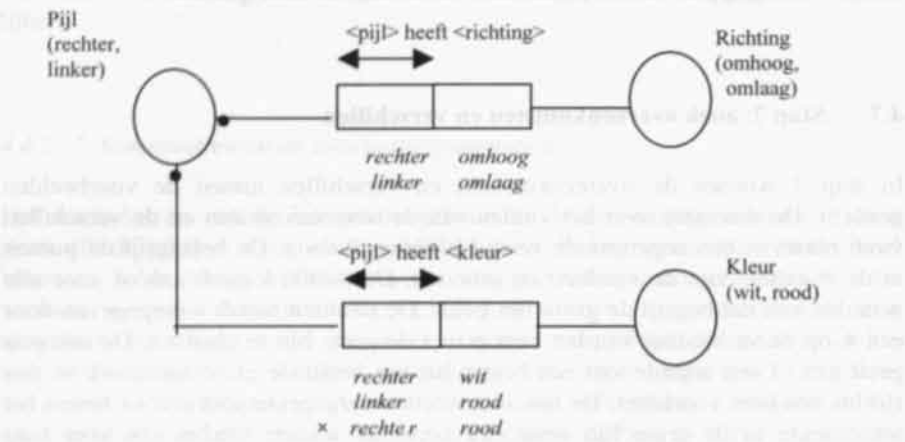
4.7.1 Voorbeelden van stap 7

Bij het voorbeeld van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk komt er een *totaliteit* bij het begrip pijl in beide grote lijnen. Want *iedere* pijl heeft een richting en *iedere* pijl heeft een kleur. De *totaliteit* wordt weergegeven in het diagram door een ● te plaatsen op de verbindingen van het begrip pijl met de grote lijnen. De *uniciteit* komt ook bij beide grote lijnen voor. Want *iedere* pijl heeft *slechts één* richting en *iedere* pijl heeft *slechts één* kleur. De *uniciteit* wordt weergegeven door een ↔ boven de rechthoek waarmee die pijl in de grote lijn verbonden is.

De *totaliteit* en *uniciteit* plaatsen gaat gemakkelijker als het diagram is voorzien van de gegevens uit de voorbeelden, omdat dan een voorstelling kan worden gemaakt. Tijdens de discussie over overeenkomsten en verschillen is het de bedoeling dat de leerlingen actief proberen wat ingevuld mag worden en wat niet. Bijvoorbeeld: de tweede zin '<pijl> heeft <kleur>' mag worden ingevuld met 'de rechter pijl heeft kleur wit'. Dan mag deze zin niet meer worden ingevuld met 'de rechter pijl heeft kleur rood'. Als reden wordt bij de discussie gegeven dat *iedere* pijl *slechts één* kleur mag hebben. De *uniciteit* wordt vervolgens weergegeven boven het rechthoekje waar de pijl wordt ingevuld door een ↔. De leerlingen construeren zo, door vallen en opstaan en langs allerlei schijnbaar onnodige omwegen, zelf het juiste begripsschema.

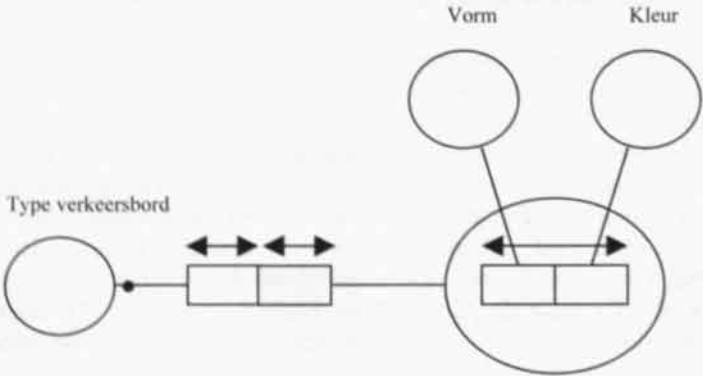
Het diagram, dat de samenvatting van de informatie weergeeft, wordt op deze manier uitgebreid. Bij het teruglezen van het diagram wordt een ● verwoord door

'iedere' en een \leftrightarrow met 'slechts één'. De zinnen in figuur 4.10 worden daarmee gelezen als 'iedere pijl heeft slechts één richting' en 'iedere pijl heeft slechts één kleur'. Dit zijn precies de grote lijnen die het verkeersbord aangeeft.



Figuur 4.10: het diagram met belangrijkste beperkingsregels \leftrightarrow en \bullet behorend bij de analyse van de betekenis van het verkeersbord in Aldtsjerk.

De docenten die op weg naar meer waren, wilden andere informatie overbrengen. Zij wilden overbrengen dat er verschillende typen borden bestaan: een waarschuwingsbord dat vierkant en blauw is en een verbodsbord dat rond is en wit met een rode rand. De twee grote lijnen van een type verkeersbord luiden: 'een type verkeersbord heeft een vorm' en 'een type verkeersbord heeft een kleur'. Deze twee eigenschappen samen geven het unieke begrip *type verkeersbord* weer. De combinatie van beide begrippen is uniek, dus dat dient weergegeven te worden met een uniciteitspijl. Het bijbehorende diagram staat in figuur 4.11. Het diagram in figuur 4.11 moet gelezen worden als 'ieder type verkeersbord wordt uniek



Figuur 4.11: het diagram behorend bij de unieke typen verkeersborden.

bepaald door een unieke combinatie van vorm en kleur'. Op deze manier kunnen unieke begrippen die uit meerdere eigenschappen bestaan worden weergegeven. Het diagram toont een samenvatting van begrippen en relaties daartussen, hoe complex de ontrafeling van de begrippen ook mag worden. In het diagram in figuur 4.11 is duidelijk te zien dat de docenten op weg waren naar meer dan alleen het uitleggen van de betekenis van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk.

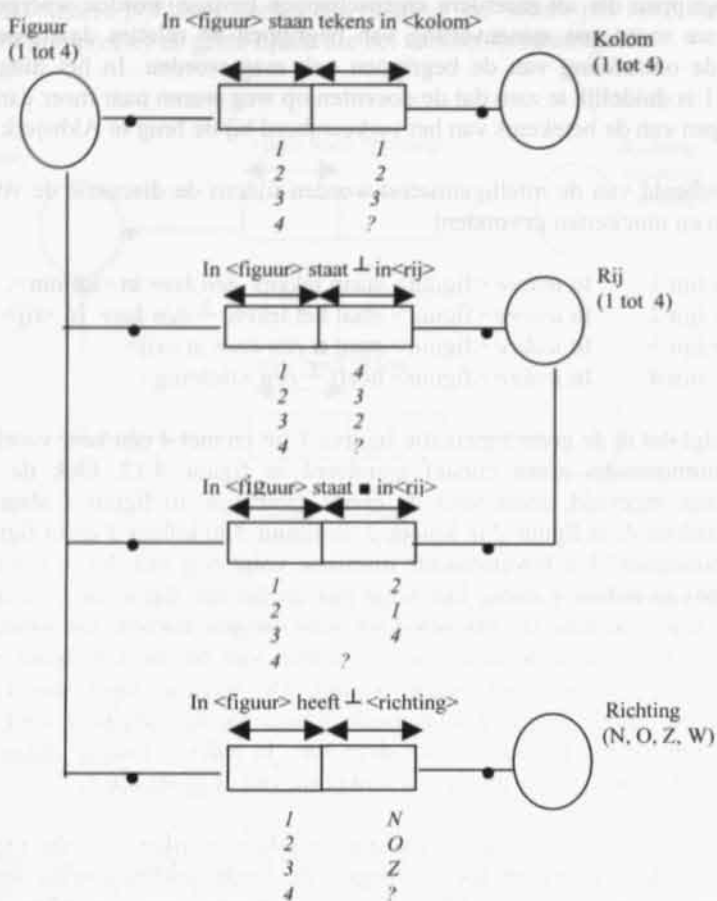
In het voorbeeld van de intelligentietest worden tijdens de discussie de volgende totaliteiten en uniciteiten gevonden:

- | | |
|--------------|---|
| Grote lijn 1 | In <i>iedere</i> <figuur> staan tekens <i>één keer</i> in <kolom>. |
| Grote lijn 2 | In <i>iedere</i> <figuur> staat het teken \perp <i>één keer</i> in <rij>. |
| Grote lijn 3 | In <i>iedere</i> <figuur> staat ■ <i>één keer</i> in <rij>. |
| Grote lijn 4 | In <i>iedere</i> <figuur> heeft \perp <i>één</i> <richting>. |

Hieruit volgt dat in de grote lijnen alle figuren 1 tot en met 4 één keer voorkomen. Deze figuurnummers staan cursief genoteerd in figuur 4.12. Ook de andere waarden zijn ingevuld, zoals voor de eerste grote lijn: in figuur 1 staan beide tekens in kolom 1, in figuur 2 in kolom 2, in figuur 3 in kolom 3 en in figuur 4 is het kolomnummer? Uit bovenstaande discussie volgt nog niet dat in figuur 4 de beide tekens in kolom 4 staan. Dat volgt pas uit het feit dat in de figuren beide tekens in *iedere* kolom *slechts één keer* voor mogen komen. De *totaliteit* en *uniciteit* moeten tijdens de discussie niet alleen van het begrip *figuur* worden gegeven, maar ook van het begrip *kolom*. De leerling moet dus expliciet formuleren 'in iedere kolom komen beide tekens slechts één keer voor in een figuur'. Als grote lijn genoteerd luidt deze zin: 'In iedere <kolom> staan tekens één keer in <figuur>'. Dit is precies de omkering van de grote lijn 1.

De overige grote lijnen moeten analoog bekeken worden. Na de expliciete verwoording dat 'in iedere kolom mogen de beide tekens slechts één keer voorkomen', 'in iedere rij komt teken \perp slechts één keer voor', 'in iedere rij komt teken ■ slechts één keer voor' en dat 'in iedere richting komt teken \perp slechts één keer voor' volgt de goede oplossing van deze intelligentietest: in figuur 4 staan beide tekens in kolom 4, het teken \perp staat in rij 1, het teken ■ staat in rij 3 en het teken \perp staat richting W. Alleen figuur E voldoet aan al deze voorwaarden en is dus de goede oplossing. De bijbehorende totaliteiten en uniciteiten zijn in figuur 4.12 op de juiste plaatsen aangegeven.

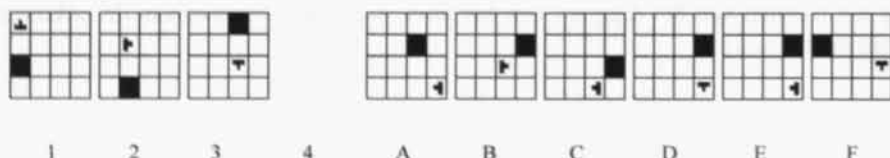
Tijdens de discussie moet ook de omkering van de grote lijnen besproken worden. Dit zorgt ervoor dat een leerling die een grote lijn andersom had geformuleerd ook alle mogelijke situaties in de discussie betreft. De methode leidt dus onafhankelijk van de keuze van verwoording tijdens de discussie tot de goede oplossing. Daarbij is het tekenen van het diagram niet het doel, maar de weergave van de uitkomst van de discussie.



Figuur 4.12: het diagram behorend bij de analyse van de intelligentietest, waarbij de totaliteiten (•) en uniciteiten (↔) zijn aangegeven.

4.7.2 Opstap naar goed benutten van de eigen intelligentie

Als voorbeeld dat het uitvoeren van het stappenplan een opstap is naar het goed benutten van de eigen intelligentie, ga ik de oplossing van de intelligentietest na (figuur 4.13).



Figuur 4.13: de opgave voor de intelligentietest.

Uit de combinatie van de grote lijn 1 (in ieder figuur staan beide tekens slechts in één kolom) met de uniciteit van het begrip kolom, kun je concluderen dat beide tekens met zekerheid in kolom 4 moeten staan. Dan blijven als mogelijke goede antwoorden figuur D en E over. Uit de combinatie van de grote lijn 2 (in ieder figuur staat het \perp teken slechts in één rij) met de uniciteit van het begrip rij, kun je concluderen dat het \perp teken met zekerheid in rij 1 moet staan. Hierdoor blijven dezelfde twee oplossingen D en E over. Analooft geldt dat voor de grote lijn 3: het teken ■ moet in iedere figuur in een andere rij staan. Na het toepassen van grote lijn 4 (dat de oriëntatie van het teken \perp in ieder figuur anders is) blijkt pas dat de éénduidige oplossing figuur E moet zijn.

De grote lijn 1 samen met de grote lijn 4 is op zichzelf al voldoende om tot de goede oplossing te komen. Het gaat dus om (a) 'de tekens staan in ieder figuur in verschillende kolommen' en (b) 'de oriëntatie van \perp is in iedere figuur anders'. Het is dus overbodig de grote lijnen over de plaats van beide tekens in de rijen te gebruiken om tot het goede antwoord te komen. Goed beschouwd kunnen we toe met slechts twee van de vier grote lijnen, want het is volstrekt overbodig feiten die je niet gebruikt te verifiëren. Dat maakt de oplossing een stuk intelligenter. De volgende begrippen en grote lijnen zijn voldoende om tot de goede oplossing van de intelligentietest te komen:

| | |
|--------------|--|
| Begrippen | <figuur> met figuurnummer 1 tot 4. <kolom> met kolomnummer 1 tot 4. <richting> met N, O, W, Z. |
| Grote lijn 1 | In <figuur> staan tekens in <kolom>. |
| Grote lijn 4 | In <figuur> heeft teken \perp <richting>. |

Tijdens de verduidelijkingsdialoog worden overeenkomsten en verschillen in de voorbeelden gezocht. Dat draagt er toe bij om je eigen intelligentie zo efficiënt mogelijk te gebruiken.

4.7.3 Gezellig leren tijdens de verduidelijkingsdialoog

Bij de verduidelijkingsdialoog wordt éénduidig de informatie besproken en vastgelegd. De belangrijkste discussiepunten zijn: (1) te bepalen of *alle* waarden, die een begrip kan hebben, voldoen en (2) of de waarden *slechts één keer* mogen worden gebruikt. Deze beperkingen vereenvoudigen de gegeven informatie aanzienlijk. Tijdens de verduidelijkingsdialoog moeten de leerlingen via het stellen van vragen de beperkingsregels aangeven bij de gevonden grote lijnen. Met je eigen taalgebruik nieuwe begrippen en hun relaties toetsen aan je eigen ervaringswereld is een sociaal gebeuren. De discussie wordt eerst gevoerd tussen leerlingen onderling. Als ze er samen niet uitkomen, kunnen ze het verschil van inzicht over een nieuw begrip of relatie voorleggen aan een docent. Matthijssen (1991) beschrijft dat voor het *modale* leerlingperspectief van de Nederlandse leerling in het voortgezet onderwijs *gezelligheid* onder elkaar van primair belang is. Lessen moeten het welbevinden niet verstoren. De verduidelijkingsdialoog is

een gezellige en sociale bezigheid om over ervaringen van jezelf of van medeleerlingen te discussiëren. De leerling verliest daarbij de angst dat vragen worden ingedeeld in slimme of stomme vragen. Ze durft daardoor eerder vragen te stellen, waardoor het leren verbetert.

Boekaerts (1988) heeft een model ontwikkeld dat dynamisch-affectieve aspecten integreert met cognitieve begrippen uit de (leer)psychologie. Dit model geeft inzicht in de manier waarop twijfels en emoties het oplossen van taken verstoren. Een belangrijke uitkomst van het model is dat het weinig effectief is, soms zelfs schadelijk, om leerlingen te dwingen zich te concentreren op de leerstof. Hun cognitief leerproces is op dat moment ondergeschikt aan het zoeken of streven naar een ander soort voldoening. Daarom dient aandacht te worden geschonken aan het in de hand krijgen van de dynamisch-affectieve aspecten bij het leren. De gezellige en sociale discussie tijdens de verduidelijkingsdialoog moet wel leiden tot het plaatsen van de beperkingsregels als totaliteit en uniciteit. Het uitvoeren van het stappenplan waarborgt dat de discussie ergens toe leidt. De dynamisch-affectieve ruimte van het leerproces is dus aanwezig, maar wel beperkt.

Al discussiërend over de overeenkomsten en de verschillen die in de grote lijnen besloten liggen, wordt er een beeld gevormd van de gegeven informatie. De informatie die reeds vastligt in de structuur van het geheugen bepaalt de waarneming van de werkelijkheid en beperkt het denken, aldus Boekaerts en Simons (1995). Dit zou misconcepties in de hand kunnen werken. Het is kenmerkend voor een onderwijsstrategie die er op gericht is om misconcepties geen kans te geven, dat leerlingen gedwongen moeten worden verbanden te leggen tussen nieuwe leerstof en hun misconcepties (Ali, 1990). Leerlingen moeten dus hun misconcepties - ook voor zichzelf - explicieter krijgen, bijvoorbeeld door ze onder woorden te brengen. Tijdens de verduidelijkingsdialoog worden voorbeelden en tegenvoorbeelden onder woorden gebracht om de beperkingsregels vast te stellen. Het aantal misconcepties wordt daardoor tot een minimum beperkt. Door het genereren van voorbeelden die niet alleen verifiëren maar mogelijk ook falsifiëren bij het vaststellen van de totaliteit en uniciteit, zoeken de leerlingen in hun gehele kennisveld naar nadere uitwerkingen. Dit komt de kennisintegratie zeer ten goede. Zo vindt de leerling zelf andere voorbeelden uit zijn ervaringswereld die de nieuw geleerde begrippen duidelijker maken en waardoor de voorkennis ten volle wordt benut.

4.8 Stap 8: plaats de grote lijnen in de ervaringswereld

In stap 8 wordt er gezocht naar de grote lijnen van de informatiegrammatica; dit noemen we de metagrammatica. De informatieanalysemethode gaat ervan uit dat iedere informatieoverdracht plaatsvindt in drie lagen (zie ook 2.10 en 3.4.5): de kleinst mogelijke zinnen die de *feiten* weergeven, de *grote lijnen* en de *samenhang van de grote lijnen*. Informatieoverdracht gebruikt alle drie de lagen, niet meer en niet minder. Alle drie de lagen zijn even belangrijk en ze zijn alle drie onmisbaar. Door het stappenplan toe te passen op de *feiten* in de onderste laag worden in middelste laag de *grote lijnen* gevonden; dit wordt ook wel de informatie-

grammatica genoemd. Door het toepassen van het stappenplan op de *grote lijnen* wordt in de bovenste laag de *samenhang van de grote lijnen* gevonden; dit wordt ook wel de metagrammatica genoemd. Voorbeelden uit een ander kennisveld kunnen zorgen voor kennistransfer, met name als de essentie van de *samenhang van de grote lijnen* gelijk is, dus als ze dezelfde metagrammatica hebben. Kennistransfer wordt opgang gebracht door de grote lijnen te vergelijken met voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling met dezelfde metagrammatica. Ik zal dit metagrammaticale voorbeelden uit een ander kennisveld noemen. De literatuur wordt besproken onder de titel 'Zorgen voor transfer van voorkennis'.

4.8.1 Voorbeelden van stap 8

Uit de informatiegrammatica (figuur 4.8) van de betekenis van het verkeersbord bij de brug in Aldtsjerk kun je de grote lijnen aflezen: op het verkeersbord staan pijlen met een richting en kleur. De *samenhang van de grote lijnen* staat niet op het verkeersbord en moet verteld worden. Het luist als volgt: de richting van een pijl geeft de richting van een verkeersstroom aan en de kleur rood geeft aan dat voorrang moet worden verleend. De betekenis van het verkeersbord wordt vooral duidelijk door het voorbeeld dat twee auto's tegenover elkaar op de brug staan en niet verder kunnen. Het is een voorbeeld van de *samenhang van de grote lijnen* uit de bovenste laag. De *samenhang van de grote lijnen* van het verkeersbord wordt bovendien gekoppeld aan een metagrammaticaal voorbeeld uit een ander kennisveld dat alom bekend is. Bijvoorbeeld het in- en uitstappen van een trein. Bij het in- en uitstappen behoeft je geen bord te plaatsen wie er voorrang heeft, want de grote lijn is dat de uitstappers van de trein voorrang hebben. Dit voorbeeld uit de bovenste laag koppelt begrip dat er al was uit de ervaring van de leerling, aan de nieuw te leren *grote lijnen*. Dit metagrammaticale voorbeeld uit een ander kennisveld plaatst de te leren *grote lijnen* in de ervaringswereld van de leerling.

Bij de intelligentietest is de metagrammatica niets anders dan het kunnen oplossen van dit soort tests. Als je dit soort tests vaker doet, word je steeds behendiger in het oplossen ervan. Een grotere oplossingsvaardigheid bereik je niet, of minder, als de oplossing door iemand wordt verteld, die verwoordt dan de *grote lijnen* uit de middelste laag. Een grotere oplossingsvaardigheid bereik je het best door de puzzel zelf op te lossen, dus door het systeem achter de oplossing te begrijpen: dat systeem geldt niet alleen voor deze test, maar ook voor andere. Je leert veel meer van het begrijpen van voorbeelden uit de bovenste laag dan van voorbeelden uit de middelste laag.

4.8.2 Zorgen voor transfer van voorkennis

Voorbeelden uit de metagrammatica zijn bij uitstek geschikt voor transfer met de bedoeling om voorkennis beter te benutten. Ik merk nogmaals op, dat de meta-

grammatica de bovenste laag is van de drielagenstructuur waarin informatie-overdracht plaatsvindt.

Om aan te tonen dat er slechts drie lagen zijn, neem ik het voorbeeld van de informatieoverdracht zelf. Neem aan: er is een *student* die wat wil leren. De *student* (onderste laag) leert de grote lijnen van een *docent* (middelste laag). Deze *docent* leert de grote lijnen lesgeven van een *docent voor docenten* (bovenste laag). Deze *docent voor docenten* (bovenste laag) krijgt op zijn beurt les van een docent, maar dat is niets anders dan een *docent voor docenten* (ook bovenste laag). Dus ingewikkelder dan drie lagen wordt het niet.

Een ander voorbeeld dat informatieoverdracht in drie lagen plaatsvindt en niet in meer dan drie, stamt uit mijn eigen leven. Het gaat over leren. Ik leerde van mijn ouders. Van mijn ouders leerde ik de belangrijke principes om te leven, noem dat 'de tien geboden'. De grote lijnen waaraan je moet voldoen om netjes te leven. Van mijn grootouders leerde ik meer waarom die grote lijnen nodig waren. Zij gingen ervan uit dat ik netjes was opgevoed en me aan de tien geboden hield. Mijn grootouders leerden me meer de filosofie van het leven. Wat kun je met die tien geboden? Zij leerden me meer het *elfde gebod*: 'Gij zult genieten'. Mijn overgrootouders zouden voor mij, als ik ze had gekend, niet belangrijker zijn geweest dan mijn grootouders. Van mijn overgrootouders zou ik ook de bovenste laag, het elfde gebod, hebben geleerd. Weer drie lagen. Toch zijn mijn overgrootouders belangrijk voor mij geweest om iets van te leren. Mijn overgrootouders waren namelijk belangrijk als ouders van mijn grootouders en als grootouders van mijn ouders. Het blijven dus drie lagen, alleen de structuur herhaalt zich.

Een belangrijke kritiek op het gangbare onderwijs is dat er te weinig rekening wordt gehouden met de voorkennis van leerlingen. Algemene intelligentie blijkt volgens Boekaerts (1995) een minder goede voorspeller van schoolprestaties te zijn dan wel eens wordt gedacht. Met name voorkennis en cognitieve strategieën zijn zeker zo belangrijk. Ook volgens Schneider (1988) zijn verschillen in voorkennis van grotere invloed op leerprestaties dan verschillen in intelligentie. Voorkennis wordt bij voorbeeldgestuurd onderwijs geactiveerd door de voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling te gebruiken. De voorbeelden moeten niet komen uit de middelste laag, dat zijn bij de natuurkunde de rekenopgaven van de formules. Belangrijker voor het begrip is het begrijpen van de essentie van de *samenhang van de grote lijnen* uit de bovenste laag, de metagrammatica. Het gebruik van metagrammaticale voorbeelden uit een ander kennisveld noemt men *transfer*. Hieronder wordt verstaan het gebruik van kennis die in een bepaalde situatie geleerd is en van vaardigheden die in een andere context zijn opgedaan.

Transfer van kennis uit een ander domein vindt zelden spontaan plaats (Gray en Orasanu, 1987; Brooks en Dansereau, 1987). Uit onderzoek van de Münchener groep van Schneider, Körkkel en Weinert (1988) blijkt dat er over het algemeen verbazingwekkend weinig *transfer* optreedt. Zo legden Gick en Holyoak (1987) proefpersonen het probleem voor hoe men een kankergezwel kan bestrijden via bestraling zonder het omliggende weefsel te beschadigen. Een oplossing voor dit

probleem zou kunnen zijn het van alle kanten richten van zwakke stralen op het gezwel. De zwakke stralen zijn op zich zelf niet schadelijk, maar bij elkaar geteld wel effectief om het gezwel bestrijden. Na dit probleem met hulp te hebben opgelost, kon slechts een zeer klein gedeelte van de proefpersonen het analoge probleem oplossen hoe een generaal een stad kan veroveren, namelijk door deze van alle kanten tegelijkertijd binnen te vallen. Transfer vindt dus zelden spontaan plaats. Rossum en Schenk (1984) vonden echter in hun onderzoek dat hoe meer de mentale leermodellen waren uitgewerkt, des te veelzijdiger de studenten te werk konden gaan bij het leren. Voorbeeldgestuurd leren vraagt de leerlingen expliciet metagrammaticale voorbeelden te genereren ter controle van het juiste begrip van de *samenhang van grote lijnen*. De verwachting is dat leerlingen hier zo bedreven in raken, dat ze hun ervaringen en voorkennis beter en vaker gebruiken. Door *transfer* tussen verschillende vakgebieden vanuit eerder opgedane ervaringen, benut de leerling zo veel mogelijk voorkennis.

Er zijn onderzoekers die ervan uitgaan dat transfer niet bestaat. Zij nemen aan dat kennis en vaardigheden geïndexeerd worden door ervaring in een specifieke context (Duffy en Jonassen 1991; Brown, Collins en Duguid 1989). Dit betekent dat algemene kennis en vaardigheden alleen in het kader van de gebruikerscontext betekenis hebben. Als je de ervaring hebt 'Geef voorrang' bij het in- en uitstappen van een trein wil dat niet zeggen dat je dit dan ook kunt toepassen bij de smalle brug in Aldtsjerk. De leertheorie van deze onderzoekers komt met twee begrippen voor de kennelijke restricties op het gebruik van ervaring in andere contexten: *geconditionaliseerde kennis* en *verankerde instructie*. Geconditionaliseerde kennis is ervaringskennis die gebonden blijft aan een specifieke context en slechts onder bepaalde condities wordt ingezet in een andere context. Verankerde instructie (The Vanderbilt Cognition and Technology Group, 1990) is de benaming van een leermethode die probeert kennis te verankeren aan betekenisvolle contexten. Vier grondprincipes staan bij deze leermethode centraal: (1) nieuwe kennis en vaardigheden dienen verankerd te worden in een context, zodat van het begin af aan een relatie tussen kennis en handelen ontstaat. Dit heeft tot doel de nadruk te leggen op begrijpen en inzicht, een actieve betrokkenheid te stimuleren en een probleemgeoriënteerde context te creëren; (2) (andere) toepassingscontexten worden ingebracht, zodat mogelijke en onmogelijke toepassingscontexten worden gedefinieerd en onderscheiden; (3) de leerstof wordt van verschillende kanten en gezichtspunten bekeken om meer flexibele kennis, en meer flexibele toegang tot kennis te realiseren; (4) er vindt decontextualisering plaats waarin de kennis wordt losgemaakt van situaties, dus veralgemeniseerd. Deze vier grondprincipes komen terug bij voorbeeldgestuurd onderwijs: verankering via voorbeelden, inzicht via de grammatica, (on)mogelijkheden via beperkingsregels, en decontextualisering via de metagrammatica. Ook voor bovengenoemde stromingen in de literatuur die niet in transfer geloven, voldoet voorbeeldgestuurd onderwijs dus aan de grondprincipes.

Uit metaonderzoek naar onderzoeken over leerstijlverschillen tussen mannen en vrouwen van Ten Dam en Severiens (1995) blijkt niet dat meisjes een voorkeur hebben de leerstof aan eigen ervaring te relateren, om zo voordeel te halen uit een transfer. Overigens merk ik op dat het niet meten van deze voorkeur bij meisjes niet aangeeft dat meisjes deze voorkeur niet zouden hebben. Ze maken er alleen

geen gebruik van. De verwachting bij mijn onderzoek is dat deze voorkeur bij meisjes wel latent aanwezig is. Ze zijn echter te faalangstig om de kennis uit een ander domein te durven gebruiken. Met voorbeeldgestuurd onderwijs wil ik die faalangst doorbreken. Vrouwelijke en mannelijke leerlingen moeten zelfvertrouwen krijgen en ervan overtuigd zijn dat de nieuwe leerstof niet moeilijker is dan het begrijpen van de voorbeelden die ze zelf hebben aangedragen. De voorkennis zal niet worden vergroot, maar de ervaringen tussen de verschillende domeinen zal worden uitgewisseld en getoetst op juistheid van gebruik. De voorkennis zal dus vaker en efficiënter worden gebruikt en dat zal een gunstige invloed hebben op de leerprestaties, vooral op die van meisjes (zie hoofdstuk 3).

4.9 Ervaringsleren aan de hand van een stappenplan

De informatieanalysemethode heeft een stappenplan. Alle stappen moeten achtereenvolgens worden uitgevoerd om het leertraject af te leggen. In 4.9.1 bespreek ik het startpunt van het stappenplan om te leren aan de hand van ervaringen van de leerling. Daarna toon ik in 4.9.2 aan dat het uitvoeren van het stappenplan leidt tot een effectieve leerstrategie die leerlingen zelfstandig leert leren. Tenslotte bespreek ik in 4.9.3 dat het stappenplan gebruikt kan worden bij een diversiteit aan leerstijlen en zonodig bijstuurt naar betere leerstijlen.

4.9.1 *Leren aan de hand van ervaringen*

Het stappenplan is een methodische manier om te leren vanuit voorbeelden uit de eigen ervaring. Leren aan de hand van ervaringen is niets nieuws. In 1984 publiceerde Kolb bijvoorbeeld zijn ideeën over *ervaringsleren*. Ervaring speelt een centrale rol in het leerproces en werd door Kolb gezien als een proces dat uit de volgende vier fasen van adaptieve leerstijlen bestaat: (1) het opdoen van een concrete ervaring, (2) het observeren van de ervaring, (3) het reflecteren op de ervaring die leidt tot abstracte concepten en generalisaties, en (4) het ontwikkelen van nieuwe hypothesen in een toekomstig handelen. Hier is dus sprake van het omzetten van een ervaring in leren volgens vier leerstijlen: het opdoen van een concrete ervaring, het reflectief leren, het conceptueel leren, en het experimenteel leren. De concrete ervaring van een leerling, gevolgd door een eigen observatie en reflectie leidt tot de vorming van ideeën. Het zijn ideeën over hoe het gedrag tot stand komt en op welke principes of overtuigingen dit gedrag berust. Deze ideeën leiden tot vooronderstellingen over welk handelen tot welk effect zal leiden. De vooronderstellingen worden in een volgende situatie uitgeprobeerd en leiden opnieuw tot concrete ervaringen. De basis van dit leerproces ligt in de uitwisseling tussen de vier leerstijlen. Kolb spreekt van effectief leren als alle vier de leerstijlen worden gehanteerd. Leren wordt hier dus gezien als een proces waarbij kennis wordt gecreëerd door transformatie van ervaring. Kolb beschrijft dit leren als een cyclisch proces, waarbij leerlingen door ervaring opdoen, observeren, reflecteren en ontwikkelen van nieuwe hypothesen, een steeds sterkere integratie van de informatie

en een hoger leerresultaat bereiken (Kolb, 1995). In de jaren na 1984 was Kolbs ervaringsleren bijzonder populair in Nederland. Het basisidee is ook terug te vinden bij het project- en probleemgestuurd onderwijs. Voor deze vormen van leren geldt, dat leren aan de hand van je eigen ervaring optimaal is. Bij klassikaal onderwijs is het leren door eigen ervaring die je op dat moment opdoet niet altijd mogelijk. Wel is het mogelijk daarbij te leren aan de hand van oude ervaringen. Dat is dan ook het grote verschil tussen Kolbs ervaringsleren en voorbeeldgestuurd onderwijs. Bij Kolbs ervaringsleren wordt er geleerd tijdens het opdoen van de ervaring. Voorbeeldgestuurd onderwijs gaat er vanuit dat er ook goed geleerd kan worden aan de hand van oude ervaringen en de daarbij ontstane voorkennis.

4.9.2 Uitvoeren van stappenplan is een effectieve leerstrategie

Door actief ervaren, door zelf doen en door onderzoek krijgt kennis een eigen vorm binnen een voortdurend wisselende sociale context (Vanderbilt Cognition and Technology Group, 1990). Kennis is daarmee niet het gevolg van overdracht van de grote lijnen uit de middelste laag, maar van betekenisverlening door de leerling zelf. Het zelfstandig construeren en opbouwen van een flexibel kennisbestand moet echter bij een groot aantal leerlingen langs geleidelijke weg worden geleerd (Boekaerts en Simons, 1995). Leren wordt dus beschouwd als een constructief en cumulatief proces, waarbij leerlingen in toenemende mate leerfuncties zelfstandig gaan beheren. Het stappenplan helpt de leerling hierbij.

Volgens Boekaerts en Simons (1995) brengen leerlingen een belangrijk deel van hun schooltijd inactief door. Zij zijn passief; of ze zijn actief bezig, maar zijn dan niet leerstofgericht aan het denken of handelen. Een belangrijke oorzaak van deze geringe actieve leertijd komt door een gebrek aan adequate studietechnieken, leeren denkvaardigheden, en planning- en aan gedragscontroletechnieken. Een daarmee samenhangend verschijnsel is dat docenten, die constateren dat leerlingen niet beschikken over goede vaardigheden, geneigd zijn de leerlingen te weinig zelf aan het werk te zetten. Dus doordat leerlingen het niet zelfstandig kunnen, worden ze ook niet in de gelegenheid gesteld het te leren, stellen Boekaerts en Simons.

Hoe kan men dan het beste deze vaardigheden aanleren? Nicholls (1987) en Ames en Archer (1988) wezen er op dat docenten in staat zijn een overwegend leergeoriënteerde, dan wel prestatiegeoriënteerde classesfeer op te roepen. Dat heeft effect op de kwaliteit van het leerproces in de klas. In ego- of prestatiegeoriënteerde klassen constateerden zij vermijdingsgedrag door de leerlingen wanneer een leertaak als bedreigend werd geïnterpreteerd. De meeste leerlingen zien als doeltreffend middel: het verbergen van de inzet, of het om de tuin leiden van de docent of het systeem. In taakgeoriënteerde klassen werd echter een totaal andere classesfeer genoteerd. Leerlingen hadden daarbij een hoge leervaardigheid en gaven de voorkeur aan uitdagende taken. Leerlingen toonden een positieve attitude ten aanzien van het leerproces, de docent en het vak. Ook hadden ze meer besef van en rapporteerden vaker over het gebruik van effectieve leerstrategieën (metacognitieve vaardigheden).

Het uitvoeren van het stappenplan is een procesgestuurde taak. Het zou kunnen leiden tot een proces waar de taak zonder nadenken wordt uitgevoerd en waardoor het proces zinloos als leermethode zou zijn. Volgens Salomon en Perkins (1989) wordt in een procesgerichte instructie zowel een hoge- als een lage- routetransfer van leer- en denkstrategieën bevorderd. Lage-routetransfer treedt op door veelvuldige, min of meer gedachteloze oefening van strategieën in een grote variëteit aan situaties en resulteert in automatisme. Hoge-routetransfer vindt plaats door bedachtzame abstractie en decontextualisatie van strategieën en principes en resulteert in de ontwikkeling van het mentale leermodel. De hoge-routetransfer wordt bevorderd door metacognitieve activiteiten als het stimuleren van reflectie (Collins, Brown en Newman, 1989; Simons, 1990). In een procesgerichte instructie wordt dus geen tussenweg bewandeld tussen gesitueerd leren en transfer, maar worden beide actief en afwisselend benadrukt.

Voorbeeldgestuurd leren een taakgerichte methode om met behulp van een lage-routetransfer - het uitvoeren van het stappenplan - tot hoge-routetransfer in het gehele kennisveld te komen. Het is een methode die door het uitvoeren van een stappenplan, dus een taak, tot prestaties leidt. Dit is in duidelijke tegenstelling met een methode die het leveren van een prestatie als taak ziet. Leren tijdens het uitvoeren van het stappenplan maakt voorbeeldgestuurd leren tot een taakgeoriënteerd leerproces dat leidt tot een overwegend leergeoriënteerde klassenfeer. Derhalve is voorbeeldgestuurd leren bij uitstek geschikt als leermethode.

4.9.3 *Aansluiten bij diversiteit aan leerstijlen*

Voorbeeldgestuurd onderwijs moet aansluiten bij een grote diversiteit aan leerstijlen. Simons (1982) beschrijft een treffende analogie tussen leerstijlen en bouwstijlen. Een bouwstijl, zoals de Renaissance- of de Barokstijl, vertoont een aantal kenmerken. Wanneer een gebouw *alle* kenmerken van de Renaissancestijl heeft en geen enkel kenmerk van een andere stijl vertoont, spreken we van een *typisch* Renaissance-gebouw. Vaker komt het echter voor dat een gebouw slechts enkele kenmerken van een bepaalde stijl heeft, of kenmerken van verschillende stijlen door elkaar vertoont. Soms ook valt aan een gebouw geen enkele stijl te herkennen. Een leerstijl wordt hier in dezelfde zin opgevat als een bouwstijl, namelijk als een prototypisch verschijnsel waarvan een student meer of minder kenmerken kan vertonen. Bovendien worden leerstijlen niet als onveranderlijke, diep in de persoonlijkheid gewortelde tendensen gezien, maar als het resultaat van de interactie tussen persoons- en omgevingsgebonden invloeden. Voorbeeldgestuurd onderwijs gaat ervan uit dat leerlingen een grote diversiteit aan leerstijlen hebben. Leerlingen met een diversiteit aan leerstijlen moeten deze allemaal kunnen beoefenen bij gebruik van het stappenplan. Om te demonstreren hoe dit werkelijk kan gebeuren, bespreek ik hoe de verschillende leerstijlen in het stappenplan aan bod kunnen komen. Eerst introduceer ik daartoe een gangbare indeling in leerstijlen.

Als voorbeeld voor de variëteit aan leerstijlen is gekozen voor de indeling in leerstijlen van Vermunt (1992). Vermunt benoemt een leerstijl als: "Een samenhangend geheel van leeractiviteiten die studenten gewoonlijk ontplooiën, de wijze waarop ze hun leerprocessen sturen, als ook hun opvattingen over leren, onderwijzen en studiemotivaties". Vermunt deelt leerstijlen in vier richtingen in: (1) betekenisgerichte, (2) toepassingsgerichte, (3) ongerichte en (4) reproductiegerichte leerstijl. Vermunt karakteriseert de vier stijlen als volgt.

1. De *betekenisgerichte leerstijl* heeft (a) een diepe verwerkingsstrategie met (b) een zelfgestuurde regulatiestrategie en studieopvattingen die leiden tot (c) opbouw van kennis vanuit een studiemotivatie uit (d) persoonlijke interesse.
2. De *toepassingsgerichte leerstijl* heeft (a) een concrete verwerkingsstrategie met (b) zowel interne als externe sturing en studieopvattingen die hoofdzakelijk gericht zijn op het (c) gebruik van kennis vanuit een motivatie de kennis vooral (d) beroepsmatig te gebruiken.
3. De *ongerichte stijl* heeft (a) nauwelijks strategieën, (b) laat zich niet sturen en is (c) ambivalent ten opzichte van studiemotieven. Deze stijl vindt het prettig om (d) stimulerend onderwijs te ontvangen en samen te werken.
4. De *reproductiegerichte leerstijl* heeft een (a) stapsgewijze verwerkingsstrategie die gericht is op (b) opname van kennis, vooral (c) extern wordt gestuurd en tot doel heeft een (d) diploma te behalen.

De vier genoemde leerstijlen moeten alle tot hun recht komen bij gebruik van het stappenplan. Van iedere leerstijl geef ik aan, bij welke stappen van het stappenplan de leerstijl is terug te vinden.

1. Leerlingen met de betekenisgerichte leerstijl zullen bij het stappenplan de diepte vinden in relatie tot de leerstof door (stap 5) het formuleren van de grote lijnen en (stap 6 en 7) de discussie daarover tijdens de verduidelijkingsdialoog. De zelf opgebouwde kennis (door het uitvoeren van het stappenplan) kunnen de leerlingen toetsen aan (stap 8) de metagrammaticale voorbeelden uit hun persoonlijke interessesfeer.
2. Leerlingen met de toepassingsgerichte leerstijl zullen vooral (stap 2, 3 en 6) het gebruik van concrete voorbeelden als prettig ervaren. Bij het kiezen van (stap 8) de metagrammaticale voorbeelden uit de beroepssfeer blijkt het gebruik van de kennis.
3. Leerlingen met de ongerichte leerstijl ervaren het uitgangspunt van (stap 2 en 3) concrete voorbeelden uit de eigen ervaring als stimulerend, alsook (stap 7 en 8) het samenwerken tijdens de verduidelijkingsdialoog.
4. Leerlingen met de reproductiegerichte leerstijl hebben baat bij (stap 3, 4, 5 en 6) het stapsgewijs uitvoeren van het stappenplan van gegeven voorbeelden. Ze ervaren daardoor een externe sturing. Daarenboven zullen ze het prettig vinden als alle stappen zijn uitgevoerd, hoewel er niet na iedere keer een diploma klaar zal liggen.

Vaak worden de betekenisgerichte en de toepassingsgerichte leerstijl hoger gewaardeerd dan de reproductiegerichte of de ongerichte leerstijl. Misschien is het wel belangrijker dat het stappenplan een leerstijl bijstuurt naar de betekenisvolle en toepassingsgerichte leerstijl, dan dat het stappenplan aansluit bij de verschillende leerstijlen. Nogmaals, leerstijlen worden volstrekt niet opgevat als bipolaire dimensies die elkaar uitsluiten, maar leerstijlen moeten gehanteerd

worden in een glijdende schaal waarvan de onderdelen in elkaar kunnen overgaan. Uitgaand van de vier leerstijlen waarvan er vaak één in overwegende mate door een leerling gebruikt wordt, kunnen de stappen die de leerstijlen bijsturen naar de betekenis- en toepassingsgerichte leerstijl als volgt omschreven worden.

1. Leerlingen met de betekenisgerichte leerstijl voegen kenmerken van de toepassingsgerichte leerstijl toe, want naast in de diepte opgebouwde kennis moet ook het daadwerkelijk gebruik van kennis in concrete situaties getoond worden door (stap 2 en 3) het gebruik van voorbeelden uit het dagelijks leven.
2. Leerlingen met de toepassingsgerichte leerstijl voegen kenmerken van de betekenisgerichte leerstijl toe, want naast het gebruik van kennis in concrete situaties moeten ook de begrippen en de grote lijnen gevonden worden, zodat de kennis in de diepte wordt gebruikt door (stap 5) het formuleren van de grote lijnen en door (stap 7) het zoeken naar overeenkomsten en verschillen tussen de grote lijnen.
3. Leerlingen met de ongerichte leerstijl voegen kenmerken van de toepassingsgerichte en betekenisgerichte leerstijl toe, door aan de hand van concrete voorbeelden (stap 4, 5 en 6) het stappenplan uit te voeren en door bij het formuleren van de grote lijnen te ervaren hoe kennis is opgebouwd.
4. Leerlingen met de reproductieve leerstijl voegen kenmerken van de toepassingsgerichte en betekenisgerichte leerstijl toe, door het (stap 2) zelf verzamelen van voorbeelden, door (stap 7) het voeren van de discussie bij aangeven van een de overeenkomsten en de verschillen van de grote lijnen om tot de opbouw van kennis te komen en door (stap 8) het zoeken van metagrammaticale voorbeelden om te laten zien dat de kennis concreet gebruikt kan worden. Daarbij kunnen ze niet alleen maar uit hun hoofd leren.

In dit hoofdstuk heb ik het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren uitvoerig besproken en iedere stap afzonderlijk getoetst aan eerder uitgevoerd onderzoek. Door het uitvoeren van het stappenplan leidt de leerling vanuit concrete voorbeelden zelf de abstracte grote lijnen af. Door uiteenrafeling in kleinst mogelijke zinnen construeren de leerlingen actief een begripsschema. Tijdens de verduidelijkingsdialoog worden de overeenkomsten en verschillen gezocht tussen de voorbeelden en worden eventuele misconcepties er zoveel mogelijk uitgehaald. Door deze activiteit komen leerlingen al zelfontdekkend tot een diepe verwerking van het begrip. Dat is een betekenisvolle en zekere manier van leren. In een tussenconclusie merkte ik op, dat voorkennis een lage intelligentie kan compenseren, maar andersom niet: intelligentie kan niet een beperkte voorkennis compenseren. Voorkennis is dus vaak een betere voorspeller van leerprestaties dan intelligentie. Voorbeeldgestuurd onderwijs moedigt de leerling aan met metagrammaticale voorbeelden uit een ander kennisveld te komen om op deze manier de voorkennis optimaal te benutten.

Het uitvoeren van het stappenplan maakt voorbeeldgestuurd leren tot taakgeoriënteerde leerproces dat bij de leerling een positieve attitude ten aanzien van het leerproces oproept. Het stappenplan sluit aan bij iedere leerstijl en helpt elke leerling, door steeds andere stappen, om tot een toepassingsgerichte- en betekenisgerichte leerstijl te komen. Derhalve is voorbeeldgestuurd leren bij uitstek geschikt als leermethode. In het volgende hoofdstuk bespreek ik de resultaten van leren door het uitvoeren van het stappenplan in de praktijk.

5 Voorbeeldgestuurd leren in de praktijk

In dit hoofdstuk bespreek ik de resultaten van het toepassen van informatieanalyse als leermethode in de praktijk. De oorspronkelijke opzet van het onderzoek was dat ik de leermethode zou uittesten in de eerste twee jaren van het voortgezet onderwijs. Ik wilde de brugklasleerlingen de methode leren aan de hand van de knelpunten bij alle andere vakken. Mijn idee was dat te doen tijdens de uren die beschikbaar waren voor studielessen. In het daarop volgende jaar zouden de leerlingen de methode dan kunnen gebruiken als leermethode bij het vak natuurkunde. Een aantal scholen die ik benaderde was verrast door mijn enthousiaste vraag goedlopende studielessen aan een experiment te onderwerpen, om de informatieanalysemethode als lesmethode op deze wijze uit te proberen. Deze scholen verkeerden net in een onzekere fase door het nieuw in te voeren studiehuis in de bovenbouw. Mijn verzoek werd dan ook vriendelijk doch resoluut afgewezen. Ik heb nog geprobeerd een middelbare school in Nederland te vinden waar de leerlingen de methode beheersten, maar dat is uiteindelijk op niets uitgelopen. Vandaar dat ik de informatieanalysemethode als leermethode slechts fragmentarisch heb kunnen observeren. Het veldwerk is uiteindelijk gedaan (1) met mezelf als proefpersoon, (2) met een groep HAVO-examinandi die een zomercursus natuurkunde volgden en (3) met HBO-studenten die de methode moesten leren tijdens hun opleiding Informatica aan de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden. Met de laatste groep heb ik het gebruik van de informatieanalysemethode als leermethode systematisch kunnen testen.

In 5.1 beschrijf ik hoe ik de methode zelf toepas bij het leren cellospelen. In 5.2 geef ik een aantal empirische onderbouwingen van de bewering dat meisjes onzekerder zijn dan jongens tijdens het leren van natuurkunde. Dat doe ik bij een groep van 12 HAVO-examinandi die een intensieve cursus natuurkunde volgde. Vervolgens werk ik in 5.3 de resultaten uit van de intelligentietest in hoofdstuk 4. Deze is met behulp van de informatieanalysemethode uitgevoerd door 88 studenten. Daarbij toon ik aan dat het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren een opstap biedt naar het oplossen van een intelligentietest. Tenslotte beschrijf ik in 5.4 dat een groep van 56 studenten daadwerkelijk profijt had van het toepassen van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren bij het vervoegen van werkwoorden.

5.1 Snel leren cellospelen omdat je goed kunt roeien

Aan het begin van dit onderzoek ben ik ook begonnen met cellospelen. Bij het leren cellospelen merkte ik dat ik mijn ervaring als wedstrijdroeier goed kon gebruiken. "Die is gek!", zult u mogelijk denken. Als voorbeeld wil ik het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren uitvoeren, om aantonen dat het voor mij in ieder geval waar is. In 5.1.1. geef ik een verwoording van de principes van het

roeien. Daarna wordt in 5.1.2. dezelfde verwoording aangepast om de principes van het cellospelen weer te geven. Vervolgens plaats ik in 5.1.3 de overeenkomsten van de principes van roeien en cellospelen in de drielagenstructuur van de methode. Tenslotte geef ik in 5.1.4 voorbeelden van de verschillen tussen roeien en cellospelen die bijdragen tot het snel leren cellospelen omdat ik goed kan roeien.

5.1.1 Verwoording van het roeien

Door mijn ervaring van 35 jaar wedstrijdroeien zou ik de techniek bij het maken van een goede roeihaal als volgt kunnen verwoorden.

"Eén van de belangrijkste zaken van het roeien is de inzet van de riem in het water. Een heel bijzonder moment. De riem gaat de ene kant op en zonder de boot te remmen, moet de riem de andere kant op en het water goed vastpakken. Als roeier leer je dat je, terwijl je riem nog de ene kant op gaat, al bezig moet zijn met het moment dat de riem de andere kant op gaat. Een merkwaardige belevenis. Bij de inzet moet je erop letten niet te 'vegen'. Vegen wil zeggen dat je de riem bij de inzet maar half in het water steekt. Dat is natuurlijk niet te bedoeling als je maximale snelheid wilt hebben. Een ander belangrijk punt bij het roeien in een ploeg is het volgen van de slagroeier. Deze geeft het tempo aan. Zonder aarzeling moet je die volgen. Niet kijken of degene die voor je zit inzet, want dan ben je te laat. In het ritme moet je meegaan door de beweging van je voorganger te kopiëren. Verder moet de haal strak zijn: geen gedwarrel door het water. En je moet er goed aandenken dat als je moe wordt je het tempo moet verlagen. Je hebt de neiging het tempo te verhogen, maar daar gaat de boot niet sneller door."

5.1.2 Verwoording van het cellospelen

Na al die jaren roeien begon ik met cellospelen. Mijn ervaring bij het maken van een goede streek kon ik al vrij snel als volgt verwoorden.

"Eén van de belangrijkste zaken van het cellospelen is de inzet van de strijkstok op de snaar. Een heel bijzonder moment. De strijkstok gaat de ene kant op en zonder het te horen, moet de strijkstok de andere kant op en de snaar goed vastpakken. Als cellospeler leer je dat je, terwijl je strijkstok nog de ene kant op gaat, al bezig moet zijn met het moment dat de strijkstok de andere kant op gaat. Een merkwaardige belevenis. Bij de inzet moet je erop letten niet te 'vegen'. Vegen wil zeggen dat je de strijkstok bij de inzet maar half op de snaar zet. Dat is natuurlijk niet te bedoeling als je maximaal geluid wilt hebben. Een ander belangrijk punt bij het spelen van tutti is het volgen van de 1^{ste} cellist. Deze geeft het tempo aan. Zonder aarzeling moet je die volgen. Niet kijken of degene die naast je zit inzet, want dan ben je te laat. In het ritme moet je meegaan door de beweging van je buurman te kopiëren. Verder moet de streek strak zijn: geen gedwarrel over de snaar. En je moet er goed aandenken dat als je het moeilijk vindt worden je het tempo moet verlagen. Je hebt de neiging het tempo te verhogen, maar daar gaat het loopje niet sneller door."

5.1.3 Overeenkomsten tussen roeien en cellospelen

Om de overeenkomende grote lijnen tussen roeien en cellospelen te vinden, voer ik het stappenplan uit op de hiervoor genoemde verwoording.

Bij het roeien zijn de feiten van de onderste laag: de boot, de riem en jezelf; ze zijn nodig om te kunnen gaan roeien. De grote lijnen in de middelste laag bij het roeien leer je door jarenlang naar een coach te luisteren op welke punten je moet letten om een goede haal te maken. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn in bovenstaande verwoording *de inzet* van de riem, het *kunnen volgen* van de slag, met de riem *een strakke* haal maken en dat als je het als roeier moeilijk krijgt je *rust* in de haal moet brengen. De grote lijnen van de eerste twee belangrijke punten bij het roeien zijn:

Grote lijn 1 Voor goede snelheid is belangrijk de inzet van de haal.

Grote lijn 2 Voor goede snelheid is belangrijk het volgen van de slagroeier.

Grote lijnen samen kunnen toepassen bij het roeien leer je door jarenlange training. Na verloop van tijd krijg je dan *het trucje* door wat de essentie is van het roeien, de samenhang van de grote lijnen in de bovenste laag. Als je goed wilt roeien, moet bijvoorbeeld ieder voor zich een goede inzet maken, zonder dat het volgen van de slag daaronder lijdt.

Bij het cellospelen zijn de feiten van de onderste laag: de cello, de strijkstok en jezelf; ze zijn nodig om te kunnen gaan cellospelen. De grote lijnen in de middelste laag bij het cellospelen leer je door jarenlang naar een leraar te luisteren, die je vertelt op welke punten je moet letten om een goede streek te maken. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn in bovenstaande verwoording *de inzet* van de strijkstok, het *kunnen volgen* van de 1^{ste} cellist, met de strijkstok *een strakke* streek maken en dat als je het als cellist moeilijk krijgt je *rust* in de streek moet brengen. De grote lijnen van de eerste twee belangrijke punten bij het cellospelen zijn:

Grote lijn 1 Voor goed geluid is belangrijk de inzet van de streek.

Grote lijn 2 Voor goed geluid is belangrijk volgen van de 1^{ste} cellist.

De grote lijnen samen kunnen toepassen bij het cellospelen leer je door jarenlange oefening. Na verloop van tijd krijg je dan *het trucje* door wat de essentie is van het cellospelen, de samenhang van de grote lijnen in de bovenste laag. Als je goed wilt cellospelen moet bijvoorbeeld ieder voor zich een goede inzet maken, zonder dat het volgen van 1^{ste} cellist daaronder lijdt.

De grote lijnen van de grote lijnen voor roeien en cellospelen, de metagrammatica, vinden we door de analysemethode toe te passen op de grote lijnen van roeien en cellospelen. We verzamelen daarvoor bij roeien en cellospelen (stap 1) de grote lijnen (stap 2). De verwoording (stap 3) van de metagrammatica zijn de hiervoor genoemde grote lijnen van roeien en cellospelen. Vervolgens noteer ik de kleinst mogelijke zinnen zonder informatieverlies (stap 4) waarbij ik gelijksoortige zinnen bij elkaar plaats:

Zin 2 Voor goede snelheid is belangrijk volgen van de slagroeier.
geluid 1^{ste} cellist

Dit geeft de begrippen en de grote lijnen (stap 5) van de metagrammatica van roeien en cellospelen:

Begrippen: <resultaat> snelheid, geluid.

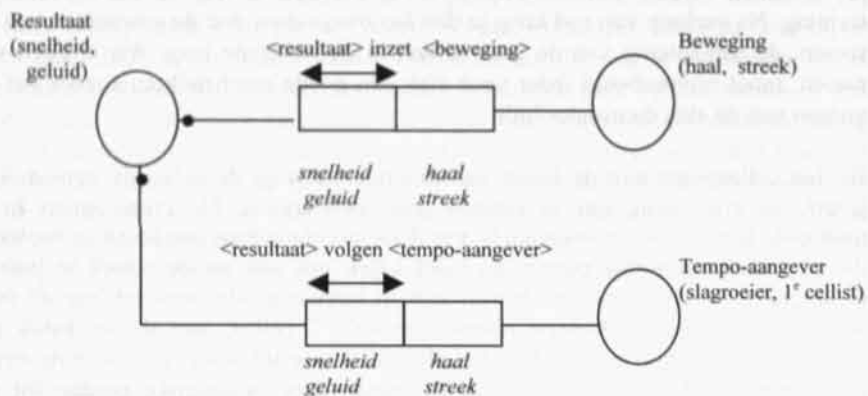
<beweging> haal, streek.

<tempo-aangever> slagroeier, 1^{ste} cellist.

Grote lijn 1 Voor goed <resultaat> is belangrijk de inzet van de <beweging>.

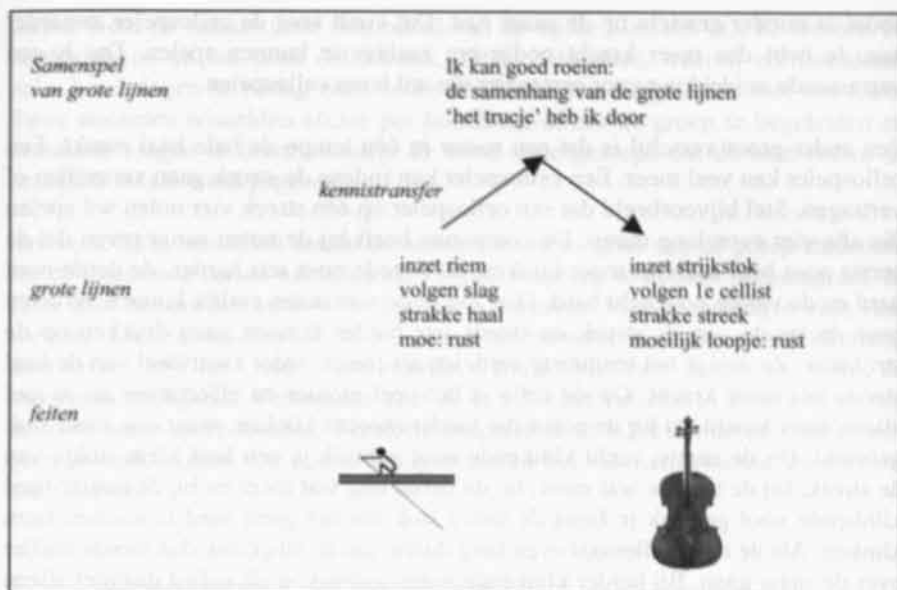
Grote lijn 2 Voor goed <resultaat> is belangrijk volgen <tempo-aangever>.

De metagrammatica van roeien en cellospelen staat samengevat in het diagram (stap 6) in figuur 5.1.



Figuur 5.1: het diagram van de metagrammatica van roeien en cellospelen.

De overeenkomsten tussen roeien en cellospelen (stap 7) is, dat ze dezelfde samenhang van de grote lijnen gebruiken. De metagrammatica van roeien en cellospelen is dus identiek: het is een *trucje* om de techniek goed te kunnen uitvoeren. De ervaring van het *trucje* kunnen toepassen bij het roeien, zorgt ervoor dat *hetzelfde trucje* bij het cellospelen snel geleerd kan worden (stap 8). Daardoor leer ik sneller cellospelen, en leer ik ook de afzonderlijke grote lijnen sneller. Figuur 5.2 toont een indeling van de drielagen-structuur voor roeien en voor cellospelen.



Figuur 5.2: indeling van roeien en cellospelen in de drie lagen van informatieoverdracht.

Het lukte me als beginnend cellist de belangrijke punten bij het leren cellospelen te verwoorden, omdat ik hetzelfde verhaal kon gebruiken dat ik met 35 jaar roeiervaring kon vertellen. Slechts de begrippen zijn aangepast. In de verwoording van roeien werd bijvoorbeeld boot door cello vervangen en riem door strijkstok. De gebruikte zinnen zijn identiek, dus *de grote lijnen* van de informatie. Bovendien is het hele verhaal identiek, dus *de samenhang van de grote lijnen*. Ervaring met *de samenhang van de grote lijnen* uit de bovenste laag zorgt voor transfer, waardoor de grote lijnen gemakkelijker toegepast kunnen worden in een ander kennisveld.

5.1.4 Verschillen tussen roeien en cellospelen

Bij cellospelen en roeien zijn dezelfde grote lijnen in de meerderheid. De grote lijnen van de inzet, het volgen, een strakke haal en de rust bij het moe worden zijn analoog. Je kunt veel leren van de overeenkomsten, maar ook veel leren van de verschillen.

Een groot verschil is bijvoorbeeld dat je als wedstrijdroeier altijd een harde haal wilt maken, maar als cellospeler wil je ook wel eens subtiel zachtjes spelen. Een roeier die zachter wil gaan roeien zet minder kracht dan wanneer zij hard roeit. Een cellospeler doet voor een deel hetzelfde. De cellospeler houdt de strijkstok licht vast en beweegt die over de snaar. Bij meer druk van de strijkstok wordt het geluid harder. Bij minder druk van de strijkstok wordt het geluid zachter. Wil je echter heel zacht spelen op een cello dan zul je de strijkstok wat op moeten tillen

zodat er minder gewicht op de snaar rust. Dat voelt voor de cellospeler zwaarder aan. Je hebt dus meer kracht nodig om zachter te kunnen spelen. Dat is een verrassende ontdekking voor een roeier die wil leren cellospelen.

Een ander groot verschil is dat een roeier in één tempo de hele haal maakt. Een cellospeler kan veel meer. Een cellospeler kan tijdens de streek gaan versnellen of vertragen. Stel bijvoorbeeld dat een cellospeler op één streek vier noten wil spelen die alle vier even lang duren. De componist heeft bij de noten aangegeven dat de eerste noot heel zachtjes moet klinken, de tweede noot iets harder, de derde noot hard en de vierde noot echt hard. Dan zou je de vier noten eerlijk kunnen verdelen over de lengte van de streek en steeds iets harder kunnen gaan drukken op de strijkstok. Zo zou je het tenminste verdelen als roeier, ieder kwartdeel van de haal steeds iets meer kracht. Op de cello is het veel mooier en effectiever als je niet alleen meer kracht zet bij de noten die harder moeten klinken, maar ook meer stok gebruikt. Bij de eerste, zacht klinkende noot gebruik je een heel klein stukje van de streek, bij de tweede wat meer, bij de derde nog wat meer en bij de laatste hard klinkende noot gebruik je bijna de halve stok om het goed hard te kunnen laten klinken. Als de noten allemaal even lang duren, zal de strijkstok dus steeds sneller over de snaar gaan. Bij harder klinkende noten gebruik je als cellist dus niet alleen meer kracht zoals bij het roeien, maar gebruik je ook meer stok door sneller met de strijkstok te bewegen. Een openbaring voor een roeier die subtiel wil leren cellospelen. Tijdens de verduidelijkingsdialoog leer je veel van het zoeken naar de overeenkomsten tussen de voorbeelden, als ook van het zoeken naar de verschillen.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: het uitvoeren van het stappenplan laat zien dat ik door kennistransfer mijn ervaring bij het roeien gebruik bij het leren cellospelen. Zowel door het vergelijken van overeenkomsten als door het aangeven van de verschillen.

5.2 Onzeker zijn van de meisjes bij het vak natuurkunde

Dat meisjes meer toegeven aan hun onzekerheid dan jongens, bleek in hoofdstuk 3 al uit diverse onderzoeken (3.3.4). Hoe deze onzekerheid tot uiting komt bij het vak natuurkunde, laat ik zien aan de hand van de resultaten van een cursus natuurkunde in het jaar 2000. De groep die de cursus volgde bestond uit zo'n 12 studenten. Dat aantal is te gering om statistisch iets te kunnen aantonen. De resultaten worden hier dan ook niet gepresenteerd om iets te bewijzen, maar worden ter illustratie gegeven om empirisch het verschil in gedrag tussen meisjes en jongens te beschrijven dat naar voren komt bij het vak natuurkunde.

Vroeger studeerden leerlingen in het voortgezet onderwijs af met een vakkenpakket. Aankomende studenten die een vervolgstudie wilden doen waarbij een extra vak vereist was, konden hun pakket alsnog uitbreiden tijdens een zogenaamde *intensieve zomercursus* voordat de studie in september zou beginnen. Aan de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden werd daartoe ieder jaar een intensieve zomercursus natuurkunde gegeven. Tijdens de vijf weken durende

cursus werd de natuurkunde behandeld van de vijfde klas HAVO. Er werden 10 hoofdstukken uit het boek (Middelink, 1991) behandeld, waarbij elk hoofdstuk zo'n 2 à 3 dagen in beslag nam. Ieder hoofdstuk werd afgesloten met een toets. Twee docenten wisselden elkaar per hoofdstuk af om de groep te begeleiden en eventuele vragen te beantwoorden. Er werd voor gezorgd dat de hele cursus in hetzelfde lokaal werd gegeven.

Het verschil in resultaten tussen de meisjes en de jongens van de groep studenten die de intensieve cursus natuurkunde volgde, bespreek ik in deze subparagraaf. In 5.2.1 gaat het om het verschil in hun sociaal gedrag. Meisjes gedragen zich veel socialer. Daarna beschrijf ik in 5.2.2 hoe het verschil in mate van onzekerheid doorwerkt bij het vak natuurkunde, zoals bij het aangeven van de meetnauwkeurigheid. Vervolgens geef ik in 5.2.3 het verschil in voorbeelden aan de hand waarvan ze leerden. Tenslotte beschrijf ik in 5.2.4 dat de meisjes geheel geen gebruik maken van hun ervaringen buiten het vak natuurkunde, de jongens doen dat wel.

5.2.1 Meisjes gedragen zich socialer in de klas

Bij de eerste binnenkomst in het lokaal waar de cursus natuurkunde werd gegeven, kozen de vier meisjes ervoor om naast elkaar te gaan zitten. Dit bleef de gehele cursus zo. De opstelling was een halve cirkel, waarbij iedereen goed het bord kon zien waarop de docent desgevraagd enige uitleg gaf. De docenten benadrukten de zelfstandigheid van de student. De studenten waren zelf er verantwoordelijk voor dat ze uiteindelijk de stof beheersten. Bij geen van de studenten werd dan ook gecontroleerd of ze alle opgegeven opgaven hadden gemaakt en begrepen. Hun antwoorden konden ze zelf controleren met de antwoorden achter in het boek. De eerste dag waren drie van de vier meisjes het langst bezig om alle opgaven voor die dag af te krijgen. De drie meisjes die het langst bezig waren, bleken de volgende dag en alle daarop volgende dagen als eerste aanwezig te zijn. De dag begon dan met een kletspraatje voordat de natuurkundeboeken op tafel kwamen. Slechts de helft van de jongens was meestal op tijd aanwezig. Ik beschrijf een aantal gebeurtenissen die illustreren dat meisjes ander sociaal gedrag vertoonden dan de jongens tijdens de cursus natuurkunde. De sfeer was goed tijdens de cursus. De studenten vonden het bijzonder plezierig dat ze in vijf weken een heel vak konden inhalen dat vereist was voor de studie die ze graag wilden gaan volgen.

In het gebruikte boek stonden verhalen over de geschiedenis van de natuurkunde waarbij bekende fysici werden besproken. De studenten hadden enige twijfel over het nut van het vak natuurkunde en de mensen die dat vak *verzonnen* hadden, Janny: "Wat zijn dat allemaal voor idiote kereltjes.... Einstein, Newton, Huygens.... wat niet weet wat niet deert!" De meisjes waren niet alleen bezig met de inhoud van de stof, maar vroegen zich ook af wat voor mensen achter de wetenschappelijke onderzoekers zaten door wiens ideeën het vak was ontstaan. Bij veel boeken is het dus een gemiste kans dat er geen vrouwen worden genoemd als voorbeeld. Denk aan Marie Curie; Irène Joliot-Curie; Lise Meisner; Marie

Lavoisier, die het werk van haar man afmaakte nadat hij onthoofd was, en vele anderen (Offereins, 1996).

Het viel tijdens de lessen op dat alle meisjes altijd opkeken als er iemand in de gang liep die je door ramen kon zien. De jongens werkten onverstoord door. Kwamen er studenten of collega's aan de docent iets vragen in de klas dan gaven de meisjes na afloop altijd commentaar op het gebeurde. Ook de langskomende persoon werd op zijn uiterlijk en gedrag besproken. Niets van wat er in de omgeving gebeurde, ontging de meisjes. De jongens lieten zich daar niet of nauwelijks door beïnvloeden. Voor meisjes zijn interpersoonlijke interacties uitermate boeiend. Ze willen zich daar altijd een mening over te vormen.

Student André werd op de derde dag door de docent met een spontane uitval op zijn onuitstaanbare eigenwijze gedrag gewezen. "Ik heb gelijk!", vond André, niemand anders. Luisteren naar argumenten van een ander deed hij al helemaal niet. Bij discussies over natuurkunde van André met zijn buurman wees de docente er keer op keer op dat André niets leerde als hij niet naar anderen luisterde. De groep trok zich de zaak tenslotte ook aan. De medestudenten ergerden zich niet langer aan zijn gedrag, maar zagen het als probleem van André en trachtten hem daarbij te helpen. De meisjes beijverden zich zelfs om hem duidelijk te maken dat hij met dit gedrag nooit een goede relatie zou kunnen aanknopen. André vond dat hij genoeg ervaring had om te vinden dat hij geen relaties nodig had. Het sociale gedrag van de meisjes strekte zich dus niet alleen uit tot de gebeurtenissen in de klas, maar zette zich zelfs voort naar de persoonlijke relatiesfeer van een medecursist.

De verhouding tussen het aantal mannelijke en vrouwelijke studenten op de technische opleiding was opgefallen en werd door de hele groep fanatiek besproken. Jan: "Jongens zijn beter in natuurkunde omdat ze asociaal zijn. Meisjes zijn veel preciezer; ook wat op tijd komen betreft. Op zichzelf zijn jongens en meisjes allebei goed in natuurkunde. Mijn zus is ook goed in natuurkunde. En mijn vriendin ook." De opmerking werd gemaakt zonder er een waardeoordeel aan te verbinden. De uiteindelijke constatering van de groep was, dat jongens zich beter kunnen concentreren op één onderwerp of één formule in de natuurkunde, terwijl meisjes alles wat er omheen gebeurt ook in ogenschouw nemen. Een goed cijfer voor het vak natuurkunde op school wordt hierdoor verbonden met het gedrag van je te kunnen afsluiten van de buitenwereld. Als je je zo *asociaal* kunt gedragen haal je een hoog cijfer voor natuurkunde. Dat heeft niets te maken met het natuurkundige begrip dat meisjes en jongens hebben, want daar zijn ze even goed in. Daar was deze groep studenten het over eens. Het kwam er overtuigend uit en iedereen had vrede met deze verklaring.

Tijdens de cursus schreef een mannelijke docent op het bord wanneer het toetsmoment zou zijn. Voor de *snelle jongens* die de opgaven weldra af zouden hebben om 13 uur, en voor de groep studenten die meer tijd nodig zouden hebben om 15 uur. Uiteindelijk bleek die middag dat de *snelle jongens* de meisjes waren. Die waren allemaal met de leerstof klaar en konden om 13 uur de toets doen. De volgende keer schreef de docent op het bord *snelle jongens m/v*. Dat meisjes veel

aandacht besteden aan de sociale omgang in de klas, houdt dus niet in dat ze daardoor langzamer werken.

Bij de laatste toets werd aan de studenten gevraagd drie dingen te noemen die ze tijdens de cursus het belangrijkste hadden gevonden om te leren. Daarbij werd aangegeven dat het antwoord ook buiten het vak natuurkunde mocht liggen. Een aantal antwoorden daaruit:

Josien: samenwerken

mensen leren kennen

Janny: manier van werken (prettig!)

gezelligheid

Johan: natuurkunde is toch niet zo moeilijk als je logisch nadenkt

Elmer: weet ik nog niet!

Jan: dat ik zo lang stil kan zitten in één lokaal, amazing!

dat ik het best kan leren in een rustige omgeving

dat er in een gitaar een stapel zit

André: nvt

Bart: ik ben beter in natuurkunde dan ik dacht

natuurkunde kan interessant zijn

Wat opvalt bij de gegeven antwoorden is dat meisjes nooit het woord *ik* gebruikten, de meeste jongens wel. Meisjes benoemden vaker het feit dat je iets samen doet als *samenwerken* en uitten zich meer in gevoelssferen als *gezelligheid* en *mensen leren kennen*. Meisjes bleken veel meer met hun omgeving bezig te zijn dan de jongens. André, de student die door de groep aangespoord werd zich relationeler te gedragen, vond een vraag over wat je anders geleerd hebt dan natuurkunde *nvt*. Twee van de vijf jongens gaven aan dat het belangrijkste dat ze tijdens de cursus geleerd hadden was dat hun zelfvertrouwen over het vak natuurkunde was gestegen: "Natuurkunde is toch niet zo moeilijk als je logisch nadenkt" en "ik ben beter in natuurkunde dan ik dacht". Het gebrek aan zelfvertrouwen zal dus, bij deze jongens, een belangrijk punt geweest zijn om het vak oorspronkelijk te laten vallen.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijnen: de meisjes vertoonden ander sociaal gedrag dan de jongens. Ze waren veel meer met hun leefomgeving bezig. Ze stelden zich socialer op, hadden het meer over *samen* dan over *ik* en besteedden veel tijd aan het bespreken van hun omgeving. Het gedrag van de meisjes leek op tijdverspilling, maar toch bleken ze *de snelle jongens* te zijn. Ook bleek zelfvertrouwen een grote drijfveer te zijn achter het wel of niet kiezen van het vak natuurkunde. Dat gold niet alleen voor meisjes, maar net zo goed voor jongens. In de volgende subparagraaf ga ik dieper in op de gevolgen van deze onzekerheid bij het vak natuurkunde.

5.2.2 Meisjes zijn onzekerder in hun onzekerheid

Uit het PISA-rapport (OECD, 2001b) kwam naar voren dat meisjes in Nederland een extreem lager zelfbeeld hebben dan jongens. Bij het vak natuurkunde wordt

deze onzekerheid vaak nog eens versterkt, zoals blijkt uit de volgende voorbeelden.

Een aantal studenten van de *intensieve zomercursus* natuurkunde moest een herkansing doen voor het vak wiskunde van het eindexamen HAVO. Deze herkansing viel in de derde week van de cursus. Janny bleek een 7 te hebben gehaald. Janny: "Eigenlijk ging ik er heel rustig heen en heb ik dat herexamen ook nauwelijks voorbereid. Net zo als hier bij natuurkunde: als je maar logisch nadenkt kom je er wel uit. Ik heb helemaal niets extra's gedaan voor die herkansing wiskunde." Het zelfvertrouwen dat ze had gekregen bij het maken van de natuurkundeopgaven en de aanpak daarbij, namelijk het zelfstandig voorbeelden geven en bediscussiëren, had al snel geleid tot een positieve benadering van andere vakken. Tijdens de cursus werd ze er steeds op geattendeerd dat natuurkunde niet moeilijker is dan het begrijpen van voorbeelden uit het dagelijks leven. Dat gaf haar zelfvertrouwen om de herkansing wiskunde zonder enige voorbereiding met goed gevolg af te leggen.

Om het verschil in zelfvertrouwen tussen meisjes en jongens te meten deed ik het volgende experiment. Ik vroeg de studenten een schatting te maken van de eigen lengte en een schatting van de lengte van de docent. Daarbij moest de betrouwbaarheidsinterval bij beide lengten worden weergegeven. Een aantal antwoorden staat in figuur 5.3.

| Schatten | eigen lengte | lengte docent 167 ± 1 |
|----------|---|---|
| ♀ | | |
| Jessica | $1,70 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ | $1,68 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ |
| Josien | $167 \pm 1 \text{ cm}$ | $168 \pm 2 \text{ cm}$ |
| Linda | $1,80 \text{ m}$ $1,75 - 1,85 \text{ m}$ | $1,60 \text{ m}$ $1,55 - 1,65 \text{ m}$ |
| Janny | $(175 \pm 3,0) \text{ cm}$ | $(166 \pm 3,0) \text{ cm}$ |
| ♂ | | |
| Bart | $(180 \pm 5) \text{ cm}$ | $(165 \pm 5) \text{ cm}$ |
| Dimitri | $1 \text{ m } 65 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$ | $1 \text{ m } 65 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ |
| Martin | $1,90 \pm 0,01 \text{ m}$ | $165 \pm 0,02 \text{ m}$ |
| Jan | $1,72 \text{ m} \pm 0,05$ | $1,65 \text{ m} \pm 0,05$ |
| Elmer | $1,97 \pm 0,01 \text{ m}$ | $1,65 \pm 0,04 \text{ m}$ |
| André | $(1,70 \pm 0,05) \text{ m}$ | $(1,60 \pm 0,05) \text{ m}$ |

Figuur 5.3: de door de studenten gegeven waarden met fout van hun eigen lengte en van de lengte van de docent.

Opvallend is de notatie van Linda. Ze zal 1 meter 80 zijn en ze wil een onzekerheid aangeven van 5 cm. Ze noteert echter de lengte en het betrouwbaarheidsinterval apart. Dat bij de opgave bedoeld werd om $1,75 - 1,85$ te schrijven als $1,80 \pm 0,05$ heeft ze als enige van de groep niet opgepakt. De door haar gebruikte notatie geeft beter de verwoording van de docente weer dat de lengte ligt "tussen de 1,75 en 1,85" dan het noteren van $1,80 \pm 0,05$. Linda begrijpt prima wat de bedoeling is, alleen gebruikt ze een andere notatie dan de natuurkundeopgave vraagt.

De betrouwbaarheidsinterval in het gegeven meetresultaat wordt in de natuurkunde aangeduid met het begrip *fout*. Die terminologie gebruik ik in het vervolg. De aangegeven fout in de eigen lengte bij de meisjes is gemiddeld 3,5 cm, bij de jongens is de fout in hun eigen lengte kleiner, namelijk 2,7 cm. De jongens zijn dus een stuk zekerder in de waarde van hun eigen lengte dan deze meisjes. Bij de fout in de schatting van de lengte van de docente is de gemiddelde waarde van de meisjes en jongens nagenoeg gelijk, respectievelijk 3,8 en 3,7 cm. De bedoeling van de fout is dat je daarmee aangeeft tussen welke waarden de opgegeven waarde kan variëren. Je zou logischerwijze kunnen aannemen dat de studenten hun eigen lengte beter kennen dan de lengte van de docent die ze daadwerkelijk moeten schatten. De grotere onzekerheid in de lengte van de docent zouden ze moeten weergeven met het aangeven van een grotere fout. Josien is het enige meisje dat een grotere fout aangeeft bij de lengte van de docent dan bij haar eigen lengte. Ze verdubbelt de fout bij haar eigen lengte van 1 cm naar een fout van 2 cm bij de lengte van de docent. Bij de jongens verdubbelt Martin ook de fout, van 0,01 m bij zijn eigen lengte naar 0,02 m bij de geschatte lengte van de docent. Daarnaast zijn er ook twee jongens die de fout verviervoudigen, Dimitri en Elmer. Deze twee jongens geven heel duidelijk aan dat ze veel onzekerder zijn over de lengte van de docent die ze daadwerkelijk moeten schatten, dan over hun eigen lengte. Ze geven dus een grote fout aan, want dan valt de lengte van de docent vast wel binnen de geschatte lengte met haar foutmarge. Deze jongens geven duidelijk blijk van hun grotere onzekerheid en zijn zo zekerder van de juistheid van hun antwoord. De onzekere meisjes maken de door hen opgegeven fout in de lengte van de docente niet groter. De zekerheid in onzekerheid blijkt bij de jongens dus groter te zijn dan bij de meisjes.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de jongens durfden een grotere onzekerheid aan te geven dan de meisjes.

Met onzekerheid is niets mis, alleen zij die hun onzekerheid geaccepteerd hebben, voelen zich zekerder. De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs neemt de onzekerheid van de leerling juist als vertrekpunt. De verwachting is dat leerlingen meer zelfvertrouwen krijgen door een discussie over hun onzekerheid bij het zoeken naar de overeenkomsten en de verschillen tussen de voorbeelden die ze hebben begrepen. Dat de meisjes aan de hand van andere voorbeelden leerden dan jongens, blijkt in de volgende subparagraaf.

5.2.3 *Meisjes leren via andere voorbeelden dan jongens*

Om te illustreren welke voorbeelden voor meisjes en jongens belangrijk zijn bij het leren, werd aan de studenten van de intensieve zomercursus natuurkunde de vraag gesteld "geef drie voorbeelden van kinetische energie, geef drie voorbeelden van potentiële energie en geef drie voorbeelden van omzetting van potentiële energie naar kinetische energie (of omgekeerd)". In figuur 5.4 staan een aantal van de gegeven antwoorden.

| | Kinetisch | Potentieel | Omzetting |
|--------|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Linda | bal | ingedrukte veer | bal valt van flat |
| | golven zee | hoogte bal | karretje met vrijhangend gewicht |
| | bal door hockeystick | ergens van afspringen | berg op wandelen |
| Josien | vallen voorwerp | kernreactie | vallen voorwerp |
| | voortbewegen auto | electriciteitsenergie | vliegen vogel |
| | zwemmen | chemische energie | gooien tennishal |
| Jan | bewegend voorwerp | dak op huis | dak komt naar beneden |
| | zuiger in verbrandingsmotor | ikke op dak huis | ikke verlies evenwicht en val |
| | kleppen in verbrandingsmotor | heiblok in bovenste stand | heiblok komt op paal |
| Bart | auto met snelheid | kogel die valt | massa die naar beneden valt |
| | kogel met snelheid | massa van veer | snelheid karretje op tafel |
| | paard met snelheid | kogel aan slinger | kogel die van oprit rolt |
| | | | skater omhoog in ramp |

Figuur 5.4: enkele van de antwoorden op de vraag om voorbeelden te geven van kinetische energie, potentiële energie en de omzetting van potentiële en kinetische energie.

Steeds werden drie voorbeelden gevraagd, want meestal liggen de eerste twee voorbeelden voor de hand en gaan de studenten pas bij het derde voorbeeld nadenken. Dit bleek ook uit de gegeven antwoorden (zie figuur 5.4). Pas bij het derde antwoord werd een voorbeeld buiten de behandelde stof genoemd. Dit betreft meestal termen uit hobby's: hockeystick, zwemmen, tennissen of skaten. Bij de meerderheid van de jongens werd als antwoord een voorbeeld gegeven met motoren of kogels. Geen van de meisjes noemde deze stoere voorbeelden. De meeste meisjes daarentegen noemden als voorbeeld het vliegen van een vogel. Geen van de jongens deed dat. De opgave uit het boek over een leeuwerik is blijkbaar vooral bij de meisjes goed blijven hangen. Een ander voorbeeld uit het boek dat vooral de meisjes is bijgebleven, is het gebruik van de golven van de zee als energie. Alleen meisjes noemden dit, geen van de jongens.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de meisjes bleken te leren aan de hand van andere voorbeelden dan jongens. Dat zal niemand verbazen. Voorbeeldgestuurd onderwijs stelt hen in staat aan de hand van door hen zelf gekozen voorbeelden te leren en te onthouden. Op die manier sluiten de voorbeelden aan bij hun eigen ervaringswereld en niet bij die van de vaak mannelijke docent.

5.2.4 Meisjes benutten hun ervaring bij natuurkunde niet

Om te observeren welke ervaringen uit het dagelijks leven de studenten gebruiken om onderwerpen van het vak natuurkunde te begrijpen, werd de volgende vraag gesteld: "Geef drie voorbeelden waaraan je denkt (mag alles zijn) als je het woord *potentiaalverschil* hoort en dezelfde vraag voor *weerstand is lager*". Een aantal van de gegeven antwoorden staan in figuur 5.5.

| | Potentiaalverschil | Weerstand is lager |
|---------|-------------------------------|---|
| Josien | lamp | windkracht |
| | batterij | lamp |
| | hoogteverschil | batterij |
| Janny | electriciteit | Ohm kleiner getal |
| | MBO-electro | weerstandje in stroomkring |
| | verschil in naamgeving | temperatuurgevoelig |
| Jessica | stopcontacten | lage temperatuur |
| | lampen | dunne draad |
| | electrische huishoudapparaten | geen stroomvretter als apparaat |
| Johan | verschil dat iets zal hebben | gemakkelijker te verslane sporttegenstander dan gedacht |
| | krachtverschil 2 teams | wind mee op fiets is weerstand lager |
| | verschil bankrekening | berekening lagere weerstand bij som van weerstanden |
| Elmer | steentje in de lucht | lagere weerstand bij op rakende batterij |
| | opgeladen condensator | lagere luchtweerstand bij langzamer lopen |
| | exotherme reactie 2 stoffen | uitgeputte tegenstanders bij sport |
| Martin | verschil potentiële energie | weerstand |
| | spanningsverschil | minder inspanning kosten |
| | verschil +/- pool batterij | fietsen op harde/zachte banden |
| Jan | spanning in stroombron | hard opgepompte fietsband |
| | electr. opwekking stuwdam | stroomdraad grotere doorsnede |
| | hoogteverschil door pomp | vacuum TL-lamp |
| André | spanningsverschil | iemand die sneller ziek wordt |
| | kist valt | weerstand in electro-techniek |
| | auto op punt van rijden | politieke discussie |

Figuur 5.5: de antwoorden op de vraag voorbeelden te geven (ook buiten de natuurkunde) van *potentiaalverschil* en *weerstand is lager*.

De meisjes beantwoordden de vraag over *potentiaalverschil* met het verschil in potentiaal bij een stopcontact of batterij. Jongens hadden het daarnaast over bankrekeningen, verschil in sterkte van sportteams of een steentje in de lucht met een hoogteverschil ten opzichte van de grond. Ook de vraag naar voorbeelden van *weerstand is lager* werd door de meisjes beantwoord met alleen voorbeelden binnen de natuurkunde. Zoals de dikte van de draad waardoor de elektriciteit stroomt of de temperatuursafhankelijkheid van weerstand van een elektriciteits-

draad. Jongens noemden daarbij nog voorbeelden buiten de natuurkunde. Enkele voorbeelden zijn: (1) als je langzamer loopt is de luchtweerstand lager, (2) de weerstand bij het fietsen verschilt bij zacht of hard opgepompte banden, (3) je hebt minder weerstand van een uitgeputte tegenstander bij het sporten, of dat (4) je gemakkelijker ziek kunt worden als je weerstand lager is. Allemaal voorbeelden die meisjes ook best kenden, maar die niet door hen werden genoemd. Het lijkt wel of meisjes geen voorbeelden durfden te noemen waarvan ze niet zeker waren omdat ze niet in het natuurkundeboek stonden. Meisjes moeten dus expliciet en nadrukkelijk worden aangemoedigd om overeenkomsten en verschillen te zoeken met voorbeelden buiten de natuurkunde. Pas dan krijgen meisjes vertrouwen om hun ervaring uit een ander kennisveld over te brengen naar een nieuw te leren onderwerp in de natuurkunde.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: bij de gegeven antwoorden komt extreem naar voren dat meisjes, hoewel ze in de vraagstelling daartoe expliciet werden aangemoedigd, de gegeven voorbeelden alleen binnen de natuurkunde zochten en niet daarbuiten.

5.3 Uitvoeren stappenplan opstap oplossen intelligentietest: een toets

Hieronder wil ik de volgende stelling aannemelijk maken: "Het uitvoeren van het stappenplan biedt een opstap naar het oplossen van een intelligentietest." Ik wil dit aantonen met de resultaten van het oplossen van een intelligentietest zoals die in hoofdstuk 4 besproken is. De intelligentietest werd opgelost door 88 eerstejaars studenten Hogere Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden tijdens een toets. De toets werd afgenomen nadat ze vijf weken lang twee uur per week het vak Informatieanalyse hadden gevolgd om de methode te leren. Na deze vijf weken konden ze het stappenplan van de methode toepassen tot en met stap 6: het maken van het diagram met de informatiegrammatica. Het aangeven van de beperkingsregels als *totaliteit* en *uniciteit* en het houden van een verduidelijkingsdialoog, die volgen op stap 6, beheersten ze na deze vijf weken nog niet.

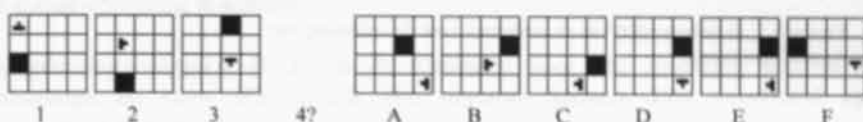
De studenten waren vooraf ingelicht dat de toets zou bestaan uit toetsvragen en onderzoeksvragen. Ze wisten ook dat alleen de antwoorden van de toetsvragen meetelden voor de beoordeling van de toets. De toetsvragen zijn voor iedere toets hetzelfde, namelijk het achter elkaar uitvoeren van de stappen van de informatie-analysemethode. De toetsvragen zijn weergegeven in figuur 5.6.

In 5.3.1 werk ik mogelijke oplossingen van de toets uit. Daarna bespreek ik in 5.3.2 de oplossingsstrategieën die de studenten gebruikten. Vervolgens toon ik in 5.3.3 de oplossingsstrategie van de studenten die hun antwoord tijdens de toets veranderden van een fout antwoord naar het goede antwoord. Tenslotte geef ik in 5.3.4 een aantal opmerkingen van de studenten weer.

CASE "Analyse maakt intelligent"

Gegeven: de figuren 1 tot 3.

Slechts één van de figuren A tot F past als figuur 4.



Toetsvragen om de grote lijnen van de oplossing te vinden:

- a. Wat is het Universe of Discourse dat je beschouwt?
- b. Verwoord de gegevens van figuur 1 tot 3.
 - c. Geef van de verwoording alle elementaire zinnen: de kleinst mogelijke zinnen zonder informatieverlies.
- d. Geef van de elementaire zinnen de bijbehorende structuur.
- e. Geef van de structuur het bijhorende diagram, plaats bij ieder FeitType minstens 2 voorbeelden.

Figuur 5.6: de vragen van de toets "Analyse maakt intelligent".

5.3.1 Gegeven antwoorden

De toets werd gemaakt door 88 studenten. Aan het begin van de toets, voordat ze aan de analyse begonnen, gaven 71 studenten als oplossing figuur E. Dit was het goede antwoord.

De studenten was gevraagd bij een eventuele verandering het nieuwe antwoord aan te geven op het tentamenpapier op de plaats waar ze tot de verandering besloten.

Het antwoord aan het begin van de toets was bij 9 studenten een doorgestreepte D die was vervangen door een E. De verandering van antwoord D naar E was nergens in de toets aangegeven. Of deze studenten de verbetering direct aan het begin van de toets hebben aangebracht, of toch later zonder dat ze dat hebben aangegeven, zal nooit te achterhalen zijn.

Van de 88 studenten hebben 6 studenten hun antwoord tijdens het maken van de toets gewijzigd. Deze groep zal uitvoeriger besproken worden.

Slechts 2 studenten hadden aan het begin en aan het eind van de toets een foutief antwoord. De ene student koos voor afbeelding B en de ander eerst voor D en heeft dit tijdens het maken van de toets *verbeterd* in antwoord F.

De aantallen studenten zijn weergegeven in figuur 5.7.

| keuze antwoord | aantal (totaal 88) |
|------------------------|-----------------------|
| E | 71 |
| E met doorgestreepte D | 9 |
| E na wijziging | 6 |
| fout | 2 |

Figuur 5.7: de antwoorden van de studenten voor de oplossing van de intelligentietest.

5.3.2 Gebruikte oplossingsstrategieën

Bij het opstellen van het tentamen verwacht je als docent dat de oplossingsstrategie van de studenten zal lijken op de oplossingstrategie die je zelf hanteert. Ik verwachtte een indeling in kolommen en rijen die apart genummerd zouden worden. Verder hoopte ik erop dat studenten snel zouden inzien dat de beide tekens ■ en ⊥ in alle figuren in dezelfde kolom stonden. Na afloop van het tentamen besprak ik tijdens de koffie met een aantal collega's de toets. Daarbij bleek dat vrijwel iedere collega een andere oplossingsstrategie had. Ze losten niet alleen de test op met behulp van kolom- en rijnummers, maar ook met draaiing of spiegeling van de figuren. Anderen construeerden een oplossing door de tekens in een kolom *omhoog te laten lopen* en aan de onderkant weer te laten verschijnen. Iedere collega gebruikte zijn eigen variant om tot een goede oplossing te komen. Bij het nakijken van de toets bleek dat de studenten ook op velerlei wijzen de oplossing hadden gevonden. Hun strategieën zijn onder te verdelen in drie hoofdcategorieën.

In *oplossingscategorie I* duiden de studenten de vakjes van de vier rijen en vier kolommen aan met de unieke nummers 1 t/m 16. Een voorbeeld van de elementaire zin (kleinst mogelijke zin zonder informatieverlies, stap 4) is:

| | | |
|-----------|--------------------------|----|
| In figuur | 1 staat teken ■ in hokje | 5. |
| | 2 | 2 |
| | 3 | 15 |

Met behulp van deze nummering is het moeilijk om de regelmaat aan te geven dat in ieder figuur het teken ■ in een andere kolom staat. Dat in figuur 4 het teken ■ in hokje 12 moet staan, ligt niet voor de hand. Voor deze categorie is het moeilijk de regelmaat te verwoorden om tot de goede oplossing te komen.

In *oplossingscategorie II* gaven de studenten de vakjes coördinaten van de kolom en rij samen, zoals hokje A1, A2, B1, enzovoort. Een voorbeeld van een elementaire zin is:

| | | |
|-----------|--------------------------|-----|
| In figuur | 1 staat teken ■ in hokje | A2. |
| | 2 | B1 |
| | 3 | C4 |

Ook in deze categorie is het moeilijk aan te geven dat in ieder figuur in iedere kolom slechts éénmaal het teken ■ mag voorkomen. Aan deze eis is veel gemakkelijker tegemoet te komen indien de begripsaanduiding, hokje A1, was opgedeeld in twee afzonderlijke kleinst mogelijke zinnen met eigenschappen van een hokje, namelijk kolom A en rij 1. Dat je een kleinst mogelijke zin kunt opdelen in nog kleinere zinnen is natuurlijk in tegenspraak met het feit dat je in eerste instantie de kleinst mogelijke zin had geformuleerd. Dit geeft aan dat het opdelen in kleinst mogelijke zinnen een belangrijke stap is in de methode om tot de goede oplossing te komen.

In *oplossingscategorie III* kozen de studenten voor een oplossing waarbij de kolommen en rijen afzonderlijk een nummer kregen. Een voorbeeld van elementaire zinnen is:

In figuur 1 staat teken ■ in kolom 1.
2 2

Samen met een tweede elementaire zin:

In figuur 1 staat teken ■ in rij 2.
2 1

Categorie III heeft voor een oplossing gekozen met de kleinst mogelijke zinnen. Dit leidt gemakkelijk tot de goede oplossing, hetgeen ook blijkt uit de resultaten van de toets waarbij categorie III gemiddeld het hoogste resultaat had. De studenten die kozen voor oplossingsstrategie I behaalden gemiddeld een toetsscore van 5.7, categorie II gemiddeld een 5.8 en categorie III gemiddeld een 7.1.

5.3.3 Wijzigingen in de oplossingsstrategieën

Alle studenten die een fout antwoord gaven of tijdens de toets van antwoord veranderden, hadden voor oplossingsstrategie II gekozen. Categorie II hield in dat ze als oplossingsstrategie de hokjes met coördinaten hadden benoemd, A1, B2, enzovoort. Als uitgangspunt namen ze dus een niet elementaire benoeming van de hokjes waarbij de kolommen en de rijen waren gescheiden. We kunnen deze groep studenten die kozen voor oplossingsstrategie II opdelen in twee subcategorieën II2 en II3; de subcategorieën verschillen in benoemde zinnen.

In subcategorie II2 werden 2 zinnen gebruikt. De eerste zin gaf aan in welk hokje het teken ■ stond. In de tweede zin werd van het teken ⊥ aangegeven in welk hokje het stond en tevens welke oriëntatie het had. Een voorbeeld van de zinnen is:

In figuur 1 staat teken ■ in hokje A2.

Samen met de zin:

In figuur 1 staat teken ⊥ in hokje A4 en heeft oriëntatie N.

Deze laatste zin kan echter worden gesplitst in twee zinnen. Deze zin is dus geen kleinst mogelijke zin zonder informatieverlies en dientengevolge niet elementair. Categorie II2 heeft dus twee keer de informatie niet in elementaire zinnen gesplitst. Namelijk de eerste keer bij de aanduiding van het begrip hokje met bijvoorbeeld de coördinaat A1 en de tweede keer bij de gebruikte zinnen zelf.

In de andere subcategorie II3 werden drie zinnen gebruikt. De tweede zin van subcategorie II2 over de eigenschappen van het teken \perp werd daarin wel opgedeeld in elementaire zinnen. Er werden dus in het totaal drie zinnen gebruikt, namelijk de aanduiding van het hokje van het teken \blacksquare , de aanduiding van het hokje van teken \perp en een aparte zin met de oriëntatie van het teken \perp . Een voorbeeld van de zinnen luidt:

In figuur 1 staat teken \blacksquare in hokje A2.

Samen met de zin:

In figuur 1 staat teken \perp in hokje A4.

En de derde zin:

In figuur 1 heeft teken \perp oriëntatie N.

Groep II3 is dus uitgegaan van een niet elementair begrip van het aanduiden van het hokje met coördinaten, maar heeft met behulp van dat begrip wel elementaire zinnen geformuleerd.

Het elementair maken van de zinnen (stap 4: maak de kleinst mogelijke zin van de verwoording, zie paragraaf 4.4.) is een duidelijke stap op weg naar een goede oplossing. De methode helpt de student daarbij. Alle studenten die hun antwoord hebben veranderd tijdens de toets, hadden gekozen voor oplossingscategorie II, de strategie waarbij het basisbegrip van de aanduiding van een hokje niet-elementair was. Dat waren 6 studenten. Het gemiddelde cijfer van hen was 7.5. Dit is veel hoger dan het gemiddelde cijfer van 5.8 van de totale groep studenten die kozen voor oplossingsstrategie II. Het gemiddelde van studenten die van antwoord veranderden, was zelfs hoger dan het gemiddelde van 7.1 van de gemiddeld beste oplossingsstrategie III. Dat je eerst een fout antwoord geeft, leidt dus niet tot een lagere beoordeling van de toets. Integendeel. Het kunnen herstellen van een foutief antwoord tijdens het uitvoeren van het stappenplan, leidt tot een gemiddeld hogere leerprestatie.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: het stappenplan biedt een opstap naar het oplossen van de intelligentietest. Dit blijkt ook uit de opmerkingen van de studenten die in de volgende paragraaf zijn weergegeven.

5.3.4 Opmerkingen van de studenten

Aan het lage aantal foutieve oplossingen is te zien dat de opgave niet moeilijk was. Een student schreef: "Niet moeilijk, alleen D was een beetje een instinker en ik ben er ingestonken. ☺"

Na de verwoording van de figuren krijg je al een grote zekerheid of de oplossingsstrategie de goede kant opgaat. Een student schreef: "Toen ik figuur 1 tot 3 had verwoord zag ik vrij snel dat ik het goede antwoord had gegokt."

Het belang van het maken van elementaire zinnen wordt door studenten als volgt kort verwoord: "Als je de elementaire zinnen opschrijft is het makkelijk de oplossing te vinden." Een andere student: "Eerst dacht ik antwoord D, en toen ik begon met de elementaire zinnen dacht ik antwoord E, omdat die combinatie nog

niet was geweest. Het werd steeds duidelijker tot ik aan de structuur begon, toen wist ik het zeker."

Bij een andere student klinkt toch enige verrassing door na het aanbrengen van de structuur van de informatie: "Door structuur in de figuren aan te brengen kom je zomaar tot de goede oplossing."

Niet iedere student is even gecharmeerd van het moeten toepassen van het stappenplan, maar wel van het eindresultaat: "Dat je met het analyseren van een vraagstuk meer tijd kwijt bent, maar wel meer tot inzicht komt. Eventuele fouten op een antwoord zijn dan te herstellen (bij gebruik maken van een diagram)."

Een student die een groot deel van het proces weergeeft, beschrijft: "Ik kon eerst helemaal geen regelmaat vinden. Maar toen ik zag dat het steeds een slag draaide en steeds 1 naar beneden en naar rechts ging dacht ik dat het D was. Maar ik had te vlug gekeken omdat bij D het \perp naar beneden wijst. Hier kwam ik achter door de elementaire zinnen. Toen ik het diagram ook had, zag ik een duidelijke regelmaat (met potlood aangegeven)."

Of een student die wat korter van stof is: "Na analyseren waren er meer redenen voor E."

Een wat kritischer student schreef als opmerking: "NIAM heeft me niet geholpen bij het oplossen van de test. Waarschijnlijk komt dat omdat dit een te simpel voorbeeld is en zal NIAM met ingewikkelder problemen wel helpen."

De opmerkingen van de studenten geven duidelijk weer dat de informatieanalysemethode hen heeft gesteund bij het oplossen van de intelligentietest.

5.4 Leren vervoegen van werkwoorden: een toets

Het best komt het leren aan de hand van de methode tot zijn recht bij een onderwerp waar een student moeite mee heeft. Studenten hebben vaak moeite met het correct vervoegen van werkwoorden. Dit blijkt uit de vele spelfouten die ze maken in hun verslagen. Daarom heb ik de studenten gevraagd het vervoegen van werkwoorden te analyseren. Voorafgaand aan de analyse gaf ik een dictee met veel voetangels en klemmen op het gebied van het vervoegen van werkwoorden. Vervolgens werd de analyse voor het vervoegen van werkwoorden uitgevoerd. Een week na de analyse gaf ik hetzelfde dictee. Na twee maanden herhaalde ik hetzelfde dictee nog eens, om te kijken wat het resultaat op langere termijn zou zijn.

De leerstof die de studenten bij de analyse van hun vervoegingen gebruikten, beschrijf in 5.4.1. Ter illustratie geef ik een deel van de analyse weer in 5.4.2. De resultaten van de drie dictées bespreek ik 5.4.3.

5.4.1 De gegeven werkwoordsvormen uit het boek

Tijdens de opleiding van de studenten wordt voor het vak Communicatieve Vaardigheden het boek 'Leren communiceren' (Steehouder, 1999) gebruikt. In dit boek staan de regels om werkwoorden te vervoegen. Bij de toets, die twee uur duurde, kregen de studenten een aangepaste versie van de regels om de werkwoordsvormen te kunnen analyseren. Als voorbeeld volgen hier de gegevens die de studenten voor de analyse kregen over *de stam*, *de tegenwoordige tijd* en het *voltooid deelwoord*. De gegevens over de verleden tijd van sterke en zwakke werkwoorden en het gebruik van het voltooid deelwoord als bijvoeglijk naamwoord, werden bij de toets op een zelfde wijze gegeven.

• de stam

De stam van een werkwoord is het hele werkwoord zonder -en. Zonodig wordt de stam aangepast met dubbele klinkers in het midden. Soms wordt de stam *verhard*. Een verharde stam is de gewone stam, behalve als de laatste letter van de stam een z is of een v, dan verandert deze in respectievelijk een s of f. Voorbeelden:

| werkwoord | stam | verharde stam |
|-----------|---------|---------------|
| worden | word | " |
| lopen | loop | " |
| hakken | hak | " |
| missen | mis | " |
| verhuizen | verhuiz | verhuis |
| verven | verv | verf |

• de tegenwoordige tijd

De tegenwoordige tijd gebruikt bij het enkelvoud de verharde stam van het werkwoord. Bij de ik-vorm wordt er niets achter geplaatst, bij jij/hij/zij een -t en bij de meervouden wij/jullie/zij -en.

| werkwoord | persoonsvorm | tegenwoordige tijd |
|-----------|--------------|--------------------|
| worden | ik | word /- |
| worden | hij | word /t |
| worden | wij | word /en |
| verhuizen | ik | verhuis /- |
| verhuizen | hij | verhuis /t |
| verhuizen | wij | verhuiz /en |

• het voltooid deelwoord

Bij sterke werkwoorden is het voltooid deelwoord gegeven. Bij zwakke werkwoorden is het voltooid deelwoord de verharde stam, daaraan wordt een -t of -d toegevoegd; er komt achter de verharde stam een -t als de laatste letter van de gewone (!) stam een t, k, f, s, ch of p is. Dat zijn de medeklinkers van het woord 't kofschip. In alle andere gevallen wordt een -d toegevoegd.

| werkwoord | voltooid deelwoord |
|-----------|--------------------|
| lopen | gelopen |
| verhuizen | verhuisd |
| missen | gemist |
| wachten | gewacht |
| landen | geland |
| dwalen | gedwaald |

5.4.2 De analyse van het vervoegen van werkwoordsvormen

De analyse werd door de studenten uitgevoerd tijdens een toets. Dit had als voordeel dat je er zeker van kon zijn dat alle studenten de analyse op een geconcentreerde wijze uitvoerden. Het nadeel van het laten uitvoeren van de analyse tijdens een toets was het geringe tijdbestek van twee uur. Ik heb ervoor gekozen al een deel van de structuur en het diagram bij de toets te geven, om ervoor te zorgen dat de studenten niet in tijdnood zouden komen. De studenten moesten tijdens de toets deze structuur uitbreiden door de analyse uit te voeren van de vervoegingen waarbij altijd de meeste spelfouten worden gemaakt. Namelijk de verleden tijd van zwakke werkwoorden, het voltooid deelwoord en het gebruik van het voltooid deelwoord als bijvoeglijk naamwoord. Een deel van de structuur was tijdens de toets gegeven alsmede het bijbehorende diagram (figuur 5.8).

• Het gegeven deel van de informatiegrammatica met bijbehorend diagram

Begrippen: <WerkWoord> de infinitief.

<Stam> WerkWoordZonder-en.

<PersoonsVorm> ik, jij, hij, wij, jullie en zij.

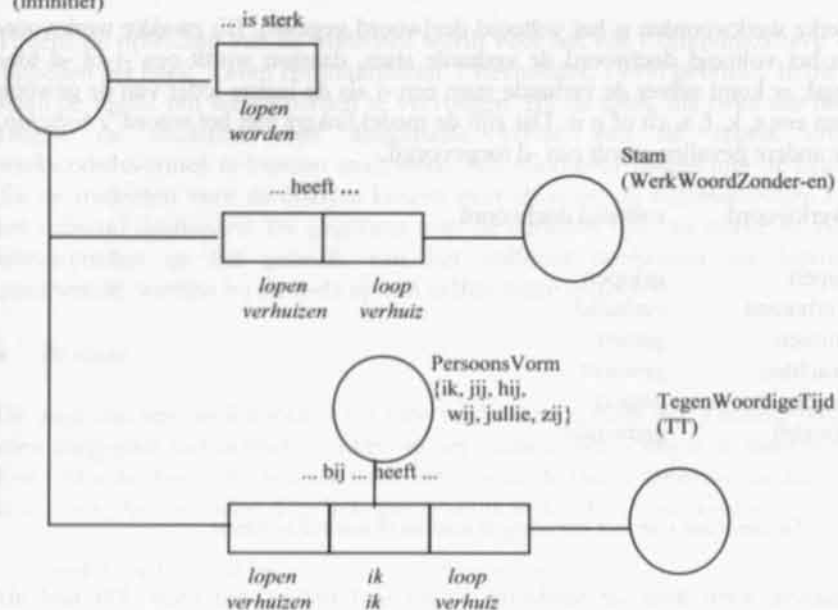
<TegenwoordigeTijd>.

Grote lijnen: <WerkWoord> is sterk

<WerkWoord> heeft <Stam>.

<WerkWoord> bij <PersoonsVorm> heeft <TegenwoordigeTijd>.

WerkWoord
(infinitief)



Figuur 5.8: gegeven diagram bij de toets over het vervoegen van werkwoordsvormen.

De eerste vraag luidde bij iedere gegeven grote lijn in het diagram minstens twee relevante voorbeelden te plaatsen (onderdeel van stap 6). Dit was gedaan om de studenten te stimuleren aan het begin van de toets de structuur goed te bekijken. Bij de eerste zin 'is sterk' moest er gekozen worden tussen zwakke en sterke werkwoorden. Hopelijk zou de student zich afvragen wat het verschil ertussen was. Als voorbeeld van deze grote lijn zou de student kunnen kiezen voor het 'werkwoord lopen is sterk', waarna lopen als voorbeeld moest worden ingevuld. Deze invulling is cursief in figuur 5.8 weergegeven. Als voorbeeld van de zin '<WerkWoord> heeft <Stam>' zou de student de voorbeelden uit de gegevens kunnen halen: 'werkwoord lopen heeft stam loop' of 'werkwoord verhuizen heeft stam verhuiz'. Bij de grote lijn '<WerkWoord> met <PersoonsVorm> heeft <TegenwoordigeTijd>' kan een voorbeeld zijn 'verhuizen heeft bij persoonvorm ik de Tegenwoordige Tijd verhuis'.

De bedoeling van deze eerste vraag was dat door het plaatsen van de voorbeelden zou opvallen dat bijvoorbeeld: de stam van verhuizen *verhuiz* is, maar eindigt op een andere letter dan de ik-vorm van de tegenwoordige tijd *verhuis*. Bij het vormen van het voltooid deelwoord en de verleden tijd is het inzicht van dit verschil essentieel bij het goed kunnen vervoegen van werkwoorden. Hopelijk merkt de student dit op bij het plaatsen van de voorbeelden bij de grote lijnen in het diagram. Daarvoor is het nodig dat iedere student de analyse zelfstandig en geconcentreerd uitvoert.

5.4.3 *Het dictee nader bekeken*

De week vóór de toets waarbij de studenten de analyse moesten uitvoeren, werd een dictee gegeven. Het dictee bevatte allerlei varianten van het vervoegen van werkwoorden in de interessesfeer van de studenten informatica. Het dictee luidde: "Hij verwachtte dat de gebrande cd-rom langzamerhand klaar was. De verkoper, die hij over de gebruikte interface had gepolst, verrichtte telefonisch uitgebreide hulp. Hij vond het eerst zo'n gek verdraaid verhaal, 'dit wordt zo niet bedoeld', vond hij. Maar uiteindelijk losten de problemen zich snel op. Door de telefoon werd de verkoper luid toegejuicht en de belofte gedaan dat er vaker werd gestofzuigd. De stofpluizen vergrootten het probleem alleen maar. Hij houdt nu beter in de gaten wat er gebeurt. De cdrom-brander is inmiddels sterk verbeterd, hij had genoeg geruist."

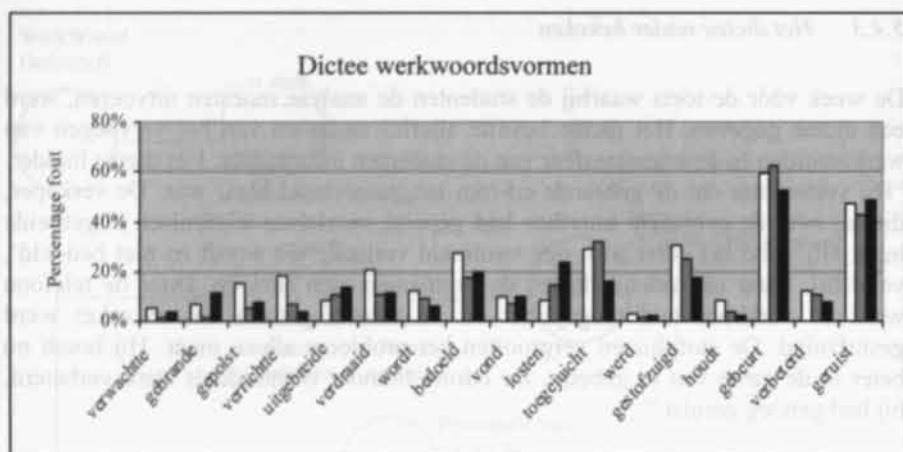
Het dictee werd in de laatste tien minuten van het college afgenomen op tentamenpapier en direct na afloop door de docent verzameld. Een bespreking werd door de studenten volstrekt niet interessant gevonden, daar ze na het dictee terstond de collegezaal verlieten om andere dingen te gaan doen.

De week nadat het dictee was afgenomen werd de toets gemaakt waarbij de analyse moest worden uitgevoerd.

De week daaropvolgend werden de gemaakte tentamens uitgereikt en besproken. De laatste tien minuten van dat college werd, zonder dat de studenten dat van tevoren wisten, weer het dictee gegeven. Hetzelfde dictee, daar je van een ander dictee ogenblikkelijk de gelijkwaardigheid in twijfel zou kunnen trekken. Ook de tweede keer werd het dictee na afname niet besproken, omdat het pauze was en de studenten de collegezaal verlieten.

Twee maanden na de analyse, aan het eind van de collegeperiode van vijf weken waarin de kerstvakantie viel, werd nogmaals hetzelfde dictee gegeven. Weer geheel onverwacht voor de studenten. Na inname van het derde gemaakte dictee werden het dictee en het resultaat van de vorige twee keer besproken.

Ieder dictee werd gemaakt door 50 à 60 studenten. Bij het nakijken werd alleen gelet op fouten in de werkwoordsvormen waarop de analyse betrekking had. Het percentage studenten dat een bepaalde fout maakte is voor de drie dictées in figuur 5.9 weergegeven.



Figuur 5.9: het percentage fouten dat de studenten maakten in dictee 1 voor de analyse, dictee 2 vlak na de analyse en in dictee 3 twee maanden na de analyse.

Een aantal opvallende zaken:

De zin “De verkoper, die hij over de gebruikte interface had gepolst, verrichtte telefonisch uitgebreide hulp.” In de twee keer dat het dictee gemaakt werd na de analyse werden duidelijk minder fouten gemaakt in *gepolst* en *verrichtte*. Dit was te verwachten, daar het precies de werkwoordvervoegingen waren waar de analyse op gericht was. Dat zelfde geldt voor *verdraaid* verhaal en voor *bedoeld*.

Vervoegingen als *Hij vindt*, *dit word* en *het werdt* zijn natuurlijk vreselijk. Niet alleen op HBO-niveau, maar voor iedereen die ooit vervoegingen van werkwoorden heeft geleerd. Het bleek dat hierin bij de tweede en derde keer van het maken van het dictee niet minder fouten werden gemaakt. Wellicht moet je je daar ook niet over verbazen. Dit zijn zulke notoire ingeslepen fouten dat die er in een analyse van twee uur niet zijn uit te halen.

Bij *losten* werd het blijkbaar bij ieder dictee steeds moeilijker om in te zien dat het hele werkwoord *lossen* was. Bij de opeenvolgende dictées werden er steeds meer fouten in gemaakt.

Bij *toegejuicht* en *gestofzuigd* was het probleem met nakijken of *toegejuigd* en *gestofzuicht* toch goed moest worden gerekend. Het dictee werd namelijk alleen nagekeken op werkwoordsvormvervoegingen en niet op andere spelfouten. De analyse is erop gericht de grote lijnen goed toe te passen. Om het effect van de analyse te meten, is consequent alleen op het goed kunnen toepassen van de regels nagekeken. Daarom zijn deze twee goede vervoegingen van foutief geschreven werkwoorden niet fout gerekend.

Tijdens het eerste dictee werd door een student gevraagd of *vergrootten* verleden tijd of tegenwoordige tijd moest zijn. Op die vraag is antwoord gegeven, hetgeen niet juist was, want daardoor konden de resultaten niet meer worden vergeleken

met de andere dictees. Vandaar dat fouten in *vergrootten* in alle dictees niet zijn meegerekend.

In de zin "Hij houdt nu beter in de gaten wat er gebeurt." werden opvallend veel fouten gemaakt in *gebeurt*. Veel studenten hebben waarschijnlijk aangenomen dat dit woord dat met *ge-* begint een voltooid deelwoord was en dientengevolge met een -d op het eind geschreven in plaats van met een -t voor de tegenwoordige tijd. Deze fout maakten de studenten in alle dictees nagenoeg evenveel. Hierbij was niet het toepassen van de regels voor de vervoeging belangrijk, maar een stap eerder: namelijk het herkennen van de tijd waarin het werkwoord stond. Daar is bij deze korte analyse niet sterk opgelet.

Het aantal fouten in *geruist* was groot. Dat zou kunnen komen omdat bij de analyse de nadruk werd gelegd op het werkwoord *verhuizen*, met stam *verhuiz* en voltooid deelwoord *verhuisd*. Waarschijnlijk zijn studenten door dit voorbeeld op het verkeerde been gezet. Het aantal voorbeelden van twee was achteraf dus te laag. Er had nog een voorbeeld bij moeten zijn van een werkwoord waarvan de stam eindigde op een -s.

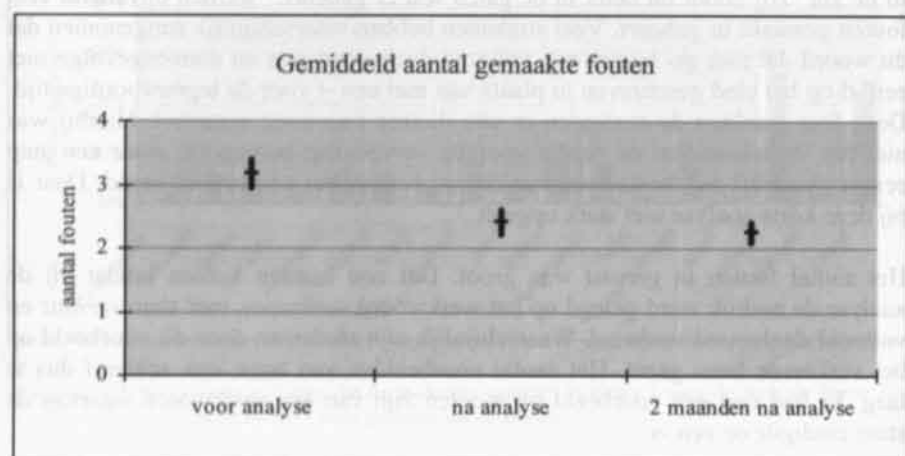
5.4.4 Het gemiddeld aantal gemaakte fouten

In het eerste dictee, dat gemaakt werd voor de uitvoering van de analyse, bedroeg het gemiddeld aantal fouten $3,18 \pm 0,23$. Bij het tweede dictee, dat direct na de analyse werd afgenomen, was het gemiddeld aantal fouten $2,41 \pm 0,19$. In het tweede dictee werd er gemiddeld significant minder fouten gemaakt dan in het eerste dictee met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van 95%. In het derde dictee, dat twee maanden na de analyse werd afgenomen, was het gemiddeld aantal fouten $2,25 \pm 0,15$. Ook in dit derde dictee werd een significant lager gemiddeld aantal fouten gemaakt dan in het eerste dictee, met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 99%. Zelfs was het gemiddeld aantal fouten van het derde dictee, hoewel dat niet werd verwacht, lager dan die van het tweede dictee. De gemiddelde waarden met hun spreiding zijn in grafiekvorm weergegeven in figuur 5.10. De in de grafiek aangegeven spreiding heeft een betrouwbaarheidsinterval van 70 procent. Dus 70 procent van het aantal studenten heeft een gemiddeld aantal fouten gemaakt dat ligt in het grafisch weergegeven betrouwbaarheidsinterval.

De afgenomen dictees waren steeds dezelfde. De invloed van dat feit op de vergelijkbaarheid van de resultaten zal gering zijn. Dit zal naar verwachting zo zijn, omdat (1) geen enkele student wist dat de dictees zouden worden afgenomen, (2) de dictees steeds in de haast zijn gemaakt, (3) ze niet werden besproken, (4) ze werden ingenomen en (5) de tekst alleen bij mij bekend was.

Daar de keuze was gemaakt om tijdens de korte tijd van een toets slechts een deel van de analyse te laten uitvoeren, zullen de resultaten alleen maar beter worden als de studenten de analyse geheel zelfstandig uitvoeren. Dit zal naar verwachting zo zijn, omdat (1) de studenten dan alle grote lijnen zelf moeten vinden, (2) ze tijdens

de analyse meer relevante voorbeelden zullen tegenkomen dan tijdens de toets en (3) ze meer tijd hebben om de analyse uit te voeren.



Figuur 5.10: het gemiddeld aantal fouten in het dictee voor de analyse, vlak na de analyse en twee maanden na de analyse.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: een geconcentreerde zelfstandige analyse van het vervoegen van werkwoordsvormen blijkt een significant beter leerresultaat op te leveren. Dit resultaat is afgeleid uit het gemiddeld lagere aantal fouten dat gemaakt werd in een dictee dat drie keer afgenomen is. Zelfs maanden later blijkt het goede resultaat van het toepassen van de informatieanalysemethode als leermethode nog duidelijk vruchten af te werpen.

6 Voorbeeldgestuurd lesgeven in theorie

In de vorige hoofdstukken kwam aan de orde hoe in theorie en praktijk een informatieanalysemethode gebruikt kan worden als *leermethode*. In dit hoofdstuk ga ik in op de theorie van het gebruik van een informatieanalysemethode als *lesmethode*. Volgens de informatieanalysemethode wordt les gegeven vanuit voorbeelden, daarom is deze *voorbeeldgestuurd lesgeven* genoemd.

In 6.1 beschrijf ik de ordeproblemen die ik had als beginnend docent. Een lesmethode die het ordeprobleem vermindert, zou een zegen zijn: voorbeeldgestuurd onderwijs is zo'n methode. Ik laat in 6.2 zien hoe de methode als lesmethode werkt door het beschrijven van een natuurkundeles over de wet van Ohm. Het stappenplan van de leer- en lesmethode (zie hoofdstuk 4) is niet helemaal hetzelfde, de lesmethode heeft één stap meer. Dit verschil bespreek ik. De lesmethode integreert kenmerken van het nieuwe leren bij klassikaal onderwijs. Bij klassikaal onderwijs is het bekwaam pedagogisch en didactisch handelen van de leraar van cruciale betekenis. In 6.3 bespreek ik welke de aanbevelingen van de overheid zijn die de bekwaamheid van een leraar zouden moeten garanderen. Daarna geef ik in 6.4 aan, in hoeverre deze aanbevelingen in de praktijk gerealiseerd worden. Tevens beschrijf ik het ideaalbeeld van een leraar dat uit onderzoek naar voren komt: hoe het handelen van een leraar zou moeten zijn. In 6.5 betoog ik dat voorbeeldgestuurd lesgeven de leraar een opstap biedt dit ideaalbeeld te bereiken. Andere vormen van onderwijs die kenmerken van het nieuwe leren bevatten, zijn projectonderwijs, probleemgestuurd onderwijs en competentiegericht onderwijs. Deze vormen van onderwijs, die geen centrale rol van een docent kennen, wil ik vergelijken met het frontaal klassikaal bruikbare voorbeeldgestuurd lesgeven. Ik doe dit aan de hand van probleemgestuurd onderwijs, omdat dat ook een stappenplan heeft, de *7-sprong* genaamd. In 6.6 geef ik een overzicht van probleemgestuurd onderwijs. Daarna vergelijk ik in 6.7 de *sprongen* van probleemgestuurd onderwijs met de *stappen* van voorbeeldgestuurd onderwijs. Er blijken tal van overeenkomsten (6.7) en ook enkele verschillen (6.8) te zijn.

6.1 Eigen ervaringen met lesgeven

Als inleiding van dit hoofdstuk geef ik een citaat uit Boltjes (1996) dat mijn eigen ervaring als beginnend leraar beschrijft:

"Toen ik net was afgestudeerd van de lerarenopleiding, verwachtte iedereen dat onderwijs geven mij wel zou lukken. Ik ook, zeker met het devies van onze familie 'Boltjes, onderwijs sinds 1880'. Sinds 1880 zat onze familie onafgebroken in het onderwijs, dus ik was gewoon erfelijk belast. Ik kreeg een baan als leraar op een lyceum. In april begon ik dat jaar als vijfde wiskundeleraar voor de klas. Maar

dat viel tegen! Twee van de collega's voor me waren overspannen vertrokken. Een aantal klassen was dan ook niet in de hand te houden, de leerlingen waren me gewoon de baas. Een collega raadde me aan om boos terug te gaan naar de lerarenopleiding. Want tijdens de opleiding ging het hospiteren goed en ik had vele videobanden gezien van goede lessen. Alles zag er veel belovend voor me uit, maar nee hoor, een puinhoop was het in sommige klassen. Ik stelde mijn oud-docenten op de lerarenopleiding voor om van zo'n les die bij mij mislukte een video-opname te komen maken. Als ze daarmee hun didactiekonderwijs verzorgden, dan wisten de studenten na mij tenminste wat ze echt konden verwachten: geen ideale lessen zoals ze ons altijd voorschotelden. Zo gezegd, zo gedaan. Ze kwamen bij mijn moeilijkste klassen een video-opname maken. Met de klas had ik afgesproken 'gewoon' te doen, dus buitengewoon vervelend. Ik stond dan ook gillend op de videoband. Ik zag de opname als 'mijn testament als leraar', want ik voelde me als leraar mislukt. Ik verwachtte dan ook dat ik na mijn proeftijd op school niet mocht terugkomen. Tot mijn verbazing mocht ik echter van de rector na de vakantie toch blijven. Na de vakantie ging het opeens een stuk beter. Op de huwelijksreceptie van een studiegenoot vertelde een docent van de lerarenopleiding die ik goed vond lesgeven, dat ook hij die startproblemen had gehad. Dus geen orde kunnen houden, was niemand vreemd, zo bleek. Het lukte daarna om de één of andere reden steeds beter: nog geen jaar later vertelde een collega 'dat ik toch echt een leraar was die orde had'. Dan kun je, met orde, meer aandacht besteden aan de inhoud van je vak en dat leek me broodnodig. We waren gewaarschuwd op de lerarenopleiding dat we modern waren opgeleid en niet één, twee, drie het oude systeem op een school moesten willen vernieuwen. Ik vond helemaal niet dat we modern waren opgeleid, want als echte Montessoriaan (van een lagere school waar individueel wordt gewerkt) had ik naar mijn gevoel een veel modernere basis. Maar goed, ik was gewaarschuwd en wilde dus niet te snel dingen veranderen. Vooral het natuurkundeonderwijs ondervond ik op school nog als behoorlijk ouderwets. Het leek meer een opleiding voor de universiteit dan een vak dat leerlingen het gevoel gaf dat ze er in de praktijk iets aan hadden. Ik had op die school drie mannelijke collega's die ook natuurkunde gaven. Ze vonden het leuk dat ik zo enthousiast was. Ik kon echter niet mijn ideeën om het onderwijs te veranderen doorvoeren, omdat ik als tweedegraads leraar van een lerarenopleiding geen eindexamenklassen mocht geven. "Zorg jij maar gezellig en enthousiast voor de onderbouw," zo ervoer ik hun houding. Grrr, mijn enthousiasme van binnenuit werd onderdrukt. Daar kon ik slecht tegen. De collega's waren vriendelijk en aardig tegen me en één liet zelfs duidelijk blijken dat hij jaloers op mijn enthousiasme was. Ondanks deze collegialiteit kon ik toch slecht leven met mijn basale gevoel dat natuurkunde de leerlingen veel beter kon aanspreken dan rekenen met formules die ze niet begrepen, zoals ik de huidige manier van lesgeven ervoer. Toen ze me in het dorp waar ik toen woonde, vroegen of ik lijsttrekker wilde worden voor de gemeenteraad heb ik eens goed nagedacht. Als ik dat deed nestelde ik me hier in deze streek en ging ik hier dood. Wilde ik dat? Nee, nee en nog eens nee. Hier lag niet mijn eindstation. Wat wilde ik wel? Lesgeven aan de eindexamenklassen natuurkunde. Dan zou ik dus een eerstegraadsbevoegdheid moeten halen en dat kon alleen met een doctoraalstudie natuurkunde. Maar durfde ik dat wel? Tijdens die zomer ging ik mee met een hele groep natuurkundeleraren naar Schotland om te kijken hoe daar natuurkundeonderwijs werd gegeven. Toen ik op een avond met al die kerels in

Edinburgh in de kroeg zat en ik ze eens goed bekeek, bedacht ik dat wat zij konden ik ook kon; zowel natuurkunde lesgeven als in ieder geval bierdrinken. Dus ik moest net als zij een eerstegraadsopleiding halen, hoewel ik toch sterk betwijfelde of ik daar nu een betere leraar door zou worden. Een jaar deed ik erover om mijn plannen uit te werken. De keuze viel op de universiteit waar ik de didactiek van de natuurkunde van hoog niveau achtte. Ik heb mijn vaste baan opgezegd en ben natuurkunde gaan studeren. Sommigen hadden er moeite mee om deze stap te begrijpen 'Wie zegt er nu zijn vaste baan op?' Ik dus, om mijn idealen na te streven. Gelukkig had ik die."

De genoemde video, die laat zien hoe een lesgeefsituatie is zonder orde, werd een bestseller bij lerarenopleidingen wiskunde. Tot dan toe werden bij het didactiekonderwijs videobanden getoond van lessen die uitstekend verliepen. Deze videoband laat zien hoe in de praktijk een les verloopt als er geen orde is. De videoband werd niet alleen bij de lerarenopleidingen vertoond, maar ook bij contactdagen van de docenten waar de leraren-in-opleiding leservaring opdoen. Bij zo'n contactdag van docenten waar deze video werd getoond, was ik als lijdend voorwerp uitgenodigd om vragen van de docenten te beantwoorden. Het was ontroerend te ondervinden hoe bevrijdend het voor de ervaren docenten was om open en eerlijk over het grootste probleem in het onderwijs te praten: orde in de klas. Dat dit zo moeilijk bespreekbaar is, komt waarschijnlijk doordat orde in de klas hoofdzakelijk wordt toegeschreven aan persoonlijke eigenschappen van de leraar. Een lesmethode waarbij de orde in de klas gemakkelijker te handhaven is, zou een zege zijn voor de leraren en dus voor goed onderwijs. Zeker als het een lesmethode is die leraren geleerd kan worden en kwaliteit waarborgt.

Voorbeeldgestuurd lesgeven is zo een methode. Deze kan geleerd worden aan de hand van een stappenplan.

6.2 Een voorbeeld van lesgeven volgens informatieanalyse

Aan de hand van een voorbeeld toon ik de werking van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven. Het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven bestaat uit zeven stappen die ik ieder in een aparte subparagraaf ga bespreken:

- 6.2.1 Stap 1: baken het gebied waarnaar je kijkt af,
- 6.2.2 Stap 2: geef voorbeelden,
- 6.2.3 Stap 3: koppel de voorbeelden aan de grote lijnen,
- 6.2.4 Stap 4: geef de grote lijnen met de begrippen weer,
- 6.2.5 Stap 5: geef minstens twee relevante voorbeelden,
- 6.2.6 Stap 6: zoek overeenkomsten en verschillen,
- 6.2.7 Stap 7: plaats de grote lijnen in de ervaringswereld.

De lesmethode bestaat uit zeven stappen in tegenstelling tot de leermethode die uit acht stappen bestaat. In 6.2.8 bespreek ik het verschil tussen de stappenplannen van de leermethode en de lesmethode.

Als voorbeeld van de werking van de informatieanalysemethode in de les neem ik de uitleg van de wet van Ohm. Deze wet wordt doorgaans op een traditioneel college natuurkunde behandeld met het tekenen van een stroomkring, een spanningsbron en een weerstand. Soms, als je geluk hebt, begint de docent met een echt voorbeeld, namelijk met een lampje en een batterij. Vervolgens gaat de docent de spanning over het lampje veranderen en meten wat er gebeurt. Dan blijkt de stroom door het lampje ook te veranderen. Als de docent de spanning tegen de stroom uitzet in een grafiek, krijg je een rechte lijn. De spanning en de stroom zijn dus rechtevenredig, zo concludeert de docent. Vervolgens wordt de formule op het bord geschreven:

$$R = \frac{V}{I}$$

De wet van Ohm wordt vaak genoteerd als $V = I \times R$ om er gemakkelijker mee te kunnen rekenen. Zo leerden we vroeger op college de wet van Ohm. De uitleg van de formule van de wet van Ohm werk ik hieronder uit aan de hand van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven. Een mannelijke leraar geeft de les en die heeft een leerling gevraagd hem bij de proefjes te helpen.

6.2.1 *Stap 1: baken het gebied waarnaar je kijkt af*

De herformulering van de informatieanalysemethode als lesmethode definieert stap 1 als het afbakenen van het gebied waarnaar je kijkt. Alle benodigde begrippen worden daarbij benoemd en de benodigde hulpmiddelen besproken.

"We gaan vandaag meneer Ohm nadoen," begint de leraar, "we doen de proefjes die hij deed opnieuw. Ik heb hier de spullen klaargelegd die meneer Ohm daarbij gebruikte: een aantal batterijen, een spanningsmeter, een stroomsterktemeter en twee lampjes. Kun je mij vertellen wat ik met behulp van de meters kan weergeven?" Het weergeven van deze grootheden met hun afkorting en eenheid is vaak een herhaling van de les ervoor. De leerling oogt zelfbewust en heeft vermoedelijk haar huiswerk bestudeerd. Ze vertelt:

"De batterij heeft twee polen waartussen een spanningsverschil staat. Het spanningsverschil kunnen we meten met de spanningsmeter. De spanning geven we weer met afkorting V en drukken we uit in de eenheid Volt. Door een spanningsverschil ontstaat een elektrische stroom van elektronen, die zich verplaatsen van de ene pool naar de andere pool van de spanningsbron. De sterkte van de stroom kunnen we aflezen op de stroomsterktemeter." Terwijl ze spreekt, tilt de leerling de genoemde meter op en laat deze aan de klas zien. Ze vervolgt: "De elektrische stroom geven we weer met afkorting I en drukken we uit in Ampère. De elektronen ondervinden een weerstand van de dunne gloeidraad van een lampje waar ze doorheen stromen. De weerstand geven we weer met R (van het engelse Resistance) en drukken we uit in Ohm, wat we weergeven met zo'n teken...". De leerling beschrijft in de lucht een Ω -teken. Ze besluit met "Deze eenheden zijn allemaal genoemd naar degene die ze voor het eerst beschreef: de

heren Volta, Ampère en Ohm.” Terwijl de leerling de grootheden met hun afkorting en eenheid verwoordt, schrijft de leraar deze op het bord (zie figuur 6.1).

| | | |
|----------|---------------|----------------|
| spanning | stroomsterkte | weerstand |
| V (V) | I (A) | R (Ω) |

Figuur 6.1: overzicht van de gebruikte begrippen van het *Universe of Discourse*.

Door het benoemen van de gebruikte begrippen en uitleggen van de hulpmiddelen, wordt het gebied afgebakend waarbinnen het voorbeeld geldt. Daarmee ligt het *Universe of Discourse* vast. Het *Universe of Discourse* is dat gebied van de werkelijkheid waarnaar wordt gekeken. Het geeft de randvoorwaarden waarvoor het voorbeeld geldt. De gebruikte grootheden die zijn aangegeven in stap 1 worden voor de duidelijkheid op het bord geschreven.

6.2.2 Stap 2: geef een relevant voorbeeld

Bij stap 2 wordt een voorbeeld gegeven binnen het *Universe of Discourse* dat is afgebakend in stap 1.

“Bij het eerste proefje sluiten we een lampje aan op de batterij bij een spanning van 9 Volt en gaan de stroomsterkte meten. Vertel je even,” verzoekt de leraar de leerling, “hoe de stroom gaat lopen, terwijl je de hulpmiddelen met snoetjes verbindt?”

De leerling pakt een aantal snoetjes en vertelt:

“De stroom moet van de ene pool van de batterij naar het lampje kunnen stromen. Van de andere kant van het lampje moet de stroom doorlopen naar de stroomsterktemeter en vandaar naar de andere pool van de batterij. Zo kan de stroom rondlopen.” Terwijl ze spreekt, verbindt ze met snoetjes de batterij met de lamp, de lamp met de stroomsterktemeter en de stroomsterktemeter weer met de batterij tot een gesloten stroomkring ontstaat. De uitslag op de stroomsterktemeter geeft aan dat er een stroom is gaan lopen.

“Wat geeft de meter aan voor stroomsterkte?” vraagt de leraar.

Met enige moeite leest ze de stroomsterktemeter af:

“0,2 Ampère.”

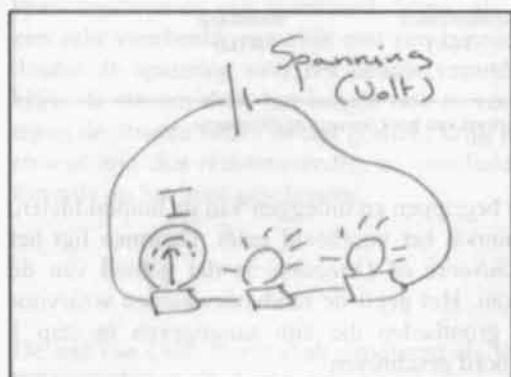
“Prima, dat noteer ik”, zegt de leraar. “En wat is de weerstand?” vraagt hij verder.

De leerling kijkt op het lampje of er iets op staat, maar ziet niets dat op de grootte van een weerstand lijkt. Ze kijkt wat ongelukkig naar de leraar en heeft een vragende blik in haar ogen.

“Geen idee?” vraagt de leraar. “Ik ook niet. Zullen we die onbekende weerstand van het lampje met $R \Omega$ weergeven?”

Uiteraard vindt ze dat goed.

"Proefje 2," kondigt de leraar aan. "Nu wil ik graag dat je nog zo'n zelfde lampje in de stroomkring plaatst. Vertel je weer even hoe de stroom loopt?" De leerling vertelt terwijl ze het tweede lampje na het eerste lampje aansluit:



Figuur 6.2: De schets van de stroomkring met de spanningsbron, twee lampjes en stroomsterktemeter.

"De stroom gaat van de ene pool van de batterij, door het eerste lampje, daarna door het tweede lampje en via de stroommeter weer naar de andere pool van de batterij. De stroom kan dus van de ene pool naar de andere pool van de batterij stromen."

Om er voor te zorgen dat alle leerlingen de mentale voorstelling van de proefjes in hun schrift kunnen weergeven, tekent de leraar de stroomkring op het bord (zie figuur 6.2).

"Zie je ook verschil in de felheid waarmee de lampjes branden nu er twee lampjes in de stroomkring staan?" vraagt de leraar.

"Ja," antwoordt de leerling, "de twee lampjes branden nu veel minder fel dan het eerste lampje in zijn eentje deed." Nog voordat de leraar kan vragen of ze daar een verklaring voor heeft komt ze zelf al met een uitleg: "Dat is natuurlijk ook logisch, want de stroom moet nu door twee dunne gloeidraden. De stroom kan daar moeilijker doorheen, wordt meer tegengehouden, waardoor de stroom minder groot is en daarom gaan de lampjes minder fel branden."

"Klopt jouw verklaring met de stroomsterkte die de meter aangeeft?" vraagt de leraar.

"Ja, de stroom is nu veel kleiner: 0,1 Ampère."

"Prima dus", moedigt de leraar haar aan. "En hoe groot zijn de spanning en de weerstand bij deze tweede proef?"

"De spanning is nog steeds 9 Volt uiteraard, want het is dezelfde batterij. En de weerstand..." Ze aarzelt even, want bij het eerste proefje kon ze de weerstand niet aflezen en stelde de leraar de onbekende weerstand op R Ohm. En nu? "De stroom moet eerst door het eerste lampje en daarna door het tweede lampje dat dezelfde weerstand heeft," denkt ze hardop. Aarzelend vraagt ze aan de leraar: "De weerstand zal nu twee keer zo groot zijn, dus $2 \times R$?"

"Ja, prima. Ik noteer alles netjes op het bord."

De proefjes worden vervolgens herhaald met twee batterijen waardoor de spanning twee keer zo groot wordt. De meetresultaten van de voorbeelden zoals die aan het eind van stap 2 op het bord staan, zijn weergegeven in figuur 6.3.

| | spanning V (V) | stroomsterkte I (A) | weerstand R (Ω) |
|---------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| proef 1 | 9 | 0,2 | R |
| proef 2 | 9 | 0,1 | $2 \times R$ |
| proef 3 | 18 | 0,4 | R |
| proef 4 | 18 | 0,2 | $2 \times R$ |

Figuur 6.3: de meetresultaten van de voorbeelden.

Bij de voorbeelden is er op gelet deze zo eenvoudig mogelijk te houden, door te kiezen voor twee dezelfde lampjes en twee dezelfde batterijen om het eigen inzicht van de leerling in de komende stappen tot zijn recht te laten komen.

6.2.3 Stap 3: koppel de voorbeelden aan de grote lijnen

Bij stap 3 worden de grote lijnen afgeleid vanuit de concrete voorbeelden van stap 2. Het is de bedoeling dat de leerlingen door de meetresultaten te vergelijken op overeenkomsten en verschillen, de regelmaat zelf vinden.

“Vergelijken we de meetresultaten van proef 1 met één lampje en proef 2 met twee lampjes, dan zien we dat bij gelijke spanning, als de weerstand $2 \times$ zo groot wordt, de stroom $2 \times$ zo klein wordt. Bij proef 3 en 4 zien we hetzelfde”, vat de leraar samen. “Verbaast je dat?”

“Nee”, antwoordt de leerling. “De elektronen zitten in de batterij met een bepaalde spanning en willen eruit om te gaan stromen. Als de weerstand groter is, kunnen ze moeilijker gaan stromen dus zal de stroomsterkte lager zijn. Nee, dat de stroomsterkte kleiner wordt als de weerstand groter is, verbaast me dus niet.”

“Prima.” De leraar wijst nu naar de volgende proefjes op het bord: “Vergelijken we de uitkomsten van de proef 1 bij één batterij met proef 3 bij twee batterijen, beide met één lampje, dan zien we dat, bij gelijke weerstand, als de spanning $2 \times$ zo groot wordt de stroom ook $2 \times$ zo groot wordt. Verbaast je dat?”

“Even denken,” zo rekt de leerling tijd. “Bij een hogere spanning zijn er meer elektronen die willen gaan stromen en bij een zelfde weerstand zorgt dat natuurlijk voor een grotere stroom. Logisch dus.”

Voor proef 2 en 4 geldt hetzelfde. Als bij gelijke weerstand de spanning $2 \times$ zo groot wordt, dan wordt de stroomsterkte ook $2 \times$ zo groot. Bij het zoeken naar de overeenkomsten en de verschillen, verbazen de meetresultaten van het voorbeeld ons niet. De regelmaat zoals die gevonden is in stap 3 staat op het bord en is weergegeven in figuur 6.4.

| | spanning V (V) | stroomsterkte I (A) | weerstand R (Ω) |
|---------|---|--|-----------------------------|
| proef 1 | $2 \times$ <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> $\begin{array}{c} 9 \\ 9 \\ 18 \\ 18 \end{array}$ </div> | $2 \times$ <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> $\begin{array}{c} 0,2 \\ 0,1 \\ 0,4 \\ 0,2 \end{array}$ </div> $\times \frac{1}{2}$ | R |
| proef 2 | | | $2 \times R$ |
| proef 3 | | | R |
| proef 4 | | | $2 \times R$ |

Figuur 6.4: het overzicht van de gevonden regelmatigheden.

Door een goede keuze te maken in het gebruik van dezelfde batterijen en dezelfde lampjes, komt de essentie duidelijk naar voren. De leerlingen valt het daarbij gemakkelijker op, dat het bij deze voorbeelden er vooral om gaat te kijken naar een verandering als $2 \times$ zo groot of $\frac{1}{2} \times$ zo groot. Het is dus niet belangrijk naar de meetresultaten zelf te kijken, maar om de meetresultaten van de proefjes te vergelijken. Vanuit het vergelijken van de meetresultaten kan de leerling zelf de regelmaat in de overeenkomsten en verschillen van het voorbeeld verwoorden.

6.2.4 Stap 4: geef de grote lijnen met de begrippen weer

In stap 4 wordt de grote lijn weergegeven die volgt uit de regelmaat van de overeenkomsten en de verschillen van de meetresultaten in stap 3.

In de natuurkunde is het gebruikelijk de grote lijn in formulevorm weer te geven. De leerling is weer gaan zitten. De leraar zet de gevonden uitkomsten voor de hele klas nog eens op een rijtje:

“Laten we eens zoeken of we de regelmaat in de meetresultaten kunnen vinden. Bij gelijke spanning geldt dat als de weerstand $2 \times$ zo groot wordt, dan wordt de stroom $\frac{1}{2} \times$ zo groot. Dus $9 = 0,2 \times R$ en $9 = 0,1 \times 2R$. Bij gelijke spanning blijft het product van de weerstand en de stroom gelijk. Bij proef 1 en proef 2 dus 9 Volt. En bij proef 3 en proef 4? Voeg maar eens een nieuwe kolom

| | spanning U (V) | stroomsterkte I (A) | weerstand R (Ω) | $I \times R$ |
|---------|---|------------------------|-----------------------------|--------------|
| proef 1 | $2 \times$ <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> $\begin{array}{c} 9 \\ 9 \\ 18 \\ 18 \end{array}$ </div> | 0,2 | R | 0,2R |
| proef 2 | | 0,1 | $2 \times R$ | 0,2R |
| proef 3 | | 0,4 | R | 0,4R |
| proef 4 | | 0,2 | $2 \times R$ | 0,4R |

Figuur 6.5: het overzicht van de gevonden regelmatigheden.

toe waarin je uitkomst van $I \times R$ plaatst." De leraar geeft een hint om de leerlingen zelf de regelmaat onder woorden te laten brengen.

Tijdens het vergelijken van de meetresultaten is nadrukkelijk getoetst dat de veranderingen in het voorbeeld niet verrassend waren, maar logisch. De regelmaat is daardoor niet moeilijk te begrijpen. Bij alle proefjes geldt dat bij gelijke spanning het product van de weerstand en de stroom gelijk is. De formule komt daardoor niet uit de lucht vallen, maar wordt gevoeld en als rekenmiddel geaccepteerd. De wet van Ohm wordt uiteindelijk in formulevorm weergegeven als: $V = I \times R$.

Door de keuze van eenvoudige waarden van de meetresultaten en door de meetresultaten duidelijk op het bord te schrijven, zal de regelmaat door de leerlingen zelf gevonden worden.

6.2.5 *Stap 5: geef minstens twee relevante voorbeelden*

In stap 5 wordt de gevonden grote lijn van stap 4 vergeleken met minstens één nieuw concreet relevant voorbeeld.

Zelfs bij zo'n eenvoudige formule als de wet van Ohm zal menige leerling toch moeite hebben zich er een mentale voorstelling van te maken. In het voorbeeld wordt namelijk de spanning gevarieerd door het gebruik van één of twee batterijen. De ervaring van leerlingen met elektrische spanning die verandert, is vrijwel nihil. Thuis komt uit het stopcontact altijd een constante spanning van zo'n 230 Volt. Een tweede voorbeeld van de wet van Ohm is dan ook zeker op zijn plaats. In ons geval herhalen we de proef met grote lampen zoals we die thuis hebben bij een constante spanning van 230 Volt.

"Laten we nu uitproberen of de gevonden formule ook te gebruiken is als we gebruikmaken van het gewone stopcontact, zoals thuis als we de lampen laten branden," vertelt de leraar terwijl hij twee schemerlampen toont. "Ik heb hier twee schemerlampen. De houder van de schemerlamp is verbonden met dit witte snoer met een stekker eraan". De leraar toont het geheel goed zichtbaar aan de gehele klas. "Het spanningsverschil op de polen van een stopcontact - de gaten - is ongeveer 230 Volt. We beginnen weer met het aansluiten van één lamp. Help je me even?"

De aangesproken leerling springt enthousiast op om te helpen. Het enige wat ze moet doen is de stekker van de lamp in het stopcontact steken. Daar is natuurlijk niets aan, dat lukt haar zeker. Dat straalt ze dan ook uit.

"Als jij hardop vertelt hoe de stroom loopt, maak ik ondertussen weer een tekening," biedt de leraar aan.

"Nou, er staat al een spanningsverschil van 230 Volt op het stopcontact. Ik steek de stekker van de lamp erin en hij gaat branden."

De leraar schetst ondertussen op het bord het stopcontact, de stekker, het ene witte snoer waarmee de stekker is verbonden dat naar de lamp loopt.

"Ja, en hoe loopt de stroom nu?" Vraagt de leraar wijzend op het ene witte snoer dat uit de stekker komt.

De leerling denkt zwijsend na. De stroom moet lopen van de ene pool naar de andere pool van de spanningsbron, in een kring. Dat ene witte snoer dat de stekker met de lamp verbindt is echt geen kring. Wat nu? Het zelfvertrouwen van de leerling neemt zienderogen af. Wat hulpeloos kijkt ze vragend naar de leraar. Die moet het goede antwoord toch kunnen geven.

"Als je het goede antwoord niet direct ziet, dan moet je altijd teruggaan naar het moment waarop je het nog wel begreep," helpt de leraar haar om zelf tot het goede antwoord te kunnen komen. "Dus haal de stekker maar weer uit het stopcontact en kijk er eens goed naar," zo stelt hij voor.

Dat doet ze. De leraar helpt haar door te vertellen:

"Het spanningsverschil van het stopcontact van 230 Volt staat over de polen van de spanningsbron. De gaten van het stopcontact zijn de polen."

De leerling knikt als teken dat ze dat begrijpt.

"In de twee gaten passen de twee pootjes van de stekker," vervolgt de leraar, "dus die pootjes worden verbonden met de polen van de spanningsbron. Via die pootjes van de stekker moet dus de stroom gaan lopen." De leraar vraagt aan de klas: "Weet iemand hoe de stroom gaat lopen?"

Een jongen antwoordt:

"Natuurlijk: er lopen twee draden door die ene witte draad!"

"O ja? Heb je wel eens een stekker open geschroefd? Wie heeft er nog meer wel eens een stekker open geschroefd?" vraagt de leraar aan de klas.

"De helft van de jongens steekt de hand op en slechts één van de meisjes. "Dat is een groot verschil, maar het verbaast me niet (Jörg *et al.*, 1990). Volgende week op practicum gaan jullie allemaal stekkers openschroeven en trekken we dat verschil in ervaring recht. Nu schroef ik hem open," kondigt de leraar al doende aan.

De leerling staat er vlakbij en kan het goed zien.

"Hé, de twee pootjes van de stekker zijn beide verbonden met een aparte draad. Er lopen twee draden in dat ene witte snoer: de ene draad is blauw en de andere draad is bruin?!" Het klinkt nog niet alsof ze het helemaal begrijpt.

De leraar vult aan:

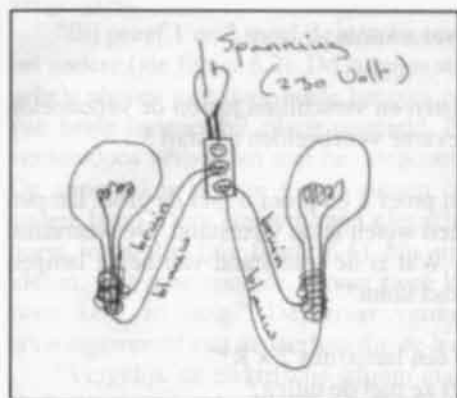
"Ja, beide draden lopen helemaal door het witte snoer. Aan de andere kant kan ik ze verbinden met beide kanten van de lamp. Heen gaat de stroom vanaf de ene pool door de blauwe draad en terug door de bruine draad. Zo kan de stroom toch in een kring lopen. Ik kan mijn tekening van de stroomkring afmaken, want we begrijpen nu dat de stroom kan rondlopen. Bij deze proef 5 sluiten we de grote lamp aan op een stopcontact met een spanning van 230 Volt. We lezen daarbij een stroomsterkte af van ..."

"0,2 Ampère", vult de leerling aan terwijl ze de stroomsterktemeter bekeek. De leraar gaat door met:

"De weerstand van de grote lamp kennen we niet en geven we aan met R^* . Duidelijk anders dan de weerstand R van de in de vorige proefjes gebruikte lampjes." Al pratend schreef de leraar de resultaten op het bord.

"Willen we nu ook de tweede schemerlamp in het stopcontact doen, dan hebben we twee stopcontacten nodig. Hier heb ik een verdeeldoos waar drie stekkers in kunnen. Ik verbind de verdeeldoos met het stopcontact. Nu heb ik op

de verdeeldoos drie stopcontacten waar een spanningsverschil van 230 Volt op staat. Sluit beide lampen nu maar aan op de verdeeldoos. Ik maak de tekening af, want dan kun je me aanwijzen hoe de stroom gaat lopen (zie figuur 6.6). Wat verwacht je dat de stroomsterkte wordt door de tweede lamp?"



Figuur 6.6: de stroomkring met twee lampen via de verdeeldoos aangesloten.

De leerling vindt dat de tekening er heel symmetrisch uitziet: twee stroomkringen door een zelfde lamp die allebei zijn aangesloten op de spanningsbron van 230 Volt.

"Natuurlijk is de stroomsterkte door beide lampen gelijk, want de stroomkringen hebben dezelfde spanning en dezelfde weerstand." Bij het nameten blijkt dit inderdaad te kloppen.

"Prima. Door de stroomkringen van de lampen gaat dus elk een stroom van 0,2 Ampère. Hoe groot verwacht je dat de stroomsterkte is door het snoer van de verdeeldoos? Op die verdeeldoos zijn beide lampen aangesloten. Door iedere lamp afzonderlijk gaat een stroom van 0,2 Ampère."

De leerling kijkt van de tekening op het bord naar de opstelling op tafel en stelt zich de stroom voor. Alle stroom moet uit het stopcontact aan de muur komen. Vervolgens moet de stroom door het snoer naar de verdeeldoos. Na de verdeeldoos gaat een deel van de stroom naar de ene lamp en een ander deel van de stroom gaat naar de andere lamp. De totale stroom moet dus door het snoer van de verdeeldoos, waarna de stroom zich verdeelt om naar de stroomkringen van beide lampen te gaan.

"Alle stroom gaat door het snoer van de verdeeldoos, die is dus $2 \times 0,2$ is 0,4 Ampère?!" De leerling klinkt overtuigd van haar antwoord.

"Zeker weten?" vraagt de leraar. "Meet maar eens na."

Bij het nameten blijkt ook dit te kloppen. De leraar voegt de nieuwe meetresultaten toe op het bord (zie figuur 6.7).

| | spanning V (V) | stroomsterkte I (A) | weerstand R (Ω) |
|---------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| proef 1 | 9 | 0,2 | R |
| proef 2 | 9 | 0,1 | $2 \times R$ |
| proef 3 | 18 | 0,4 | R |
| proef 4 | 18 | 0,2 | $2 \times R$ |
| proef 5 | 230 | 0,2 | R^* |
| proef 6 | 230 | 0,4 | ? |

Figuur 6.7: het overzicht van de oude en nieuwe meetresultaten.

We kiezen ook in het tweede voorbeeld voor twee dezelfde grote lampen met dezelfde weerstand R^* om de essentie zo eenvoudig mogelijk weer te geven.

6.2.6 Stap 6: zoek overeenkomsten en verschillen

In stap 6 wordt gezocht naar overeenkomsten en verschillen tussen de verzamelde resultaten van minstens twee concrete relevante voorbeelden uit stap 5.

"Als laatste gaan we de resultaten van proef 5 en proef 6 met de grote lampen met elkaar vergelijken. Wat we nog moeten weten is de weerstand. De weerstand van één lamp hebben we op R^* gesteld. Wat is de weerstand van beide lampen samen voor de stroom die uit het stopcontact komt?"

De leerling heeft het antwoord vlot paraat:

"Uiteraard twee keer zo groot als van één lamp, dus $2 \times R^*$ "

Op de vragende blik van de leraar vervolgt ze met de uitleg:

"Nou, de stroom gaat dan door twee lampen in plaats van één lamp..."

"Gaat die totale stroom van 0,4 Ampère door twee lampen? Of verdeelt de totale stroom zich juist in twee afzonderlijke stromen van 0,2 Ampère?" vraagt de leraar haar.

Daar heeft de leraar gelijk in. Ze staat er opeens wat bedremmeld bij. De leraar helpt:

"Daarnet heb je ons een prima beeld geschetst: door één lamp gaat een stroom, door de tweede lamp gaat een even grote stroom en de totale stroom is de som van de stroom door de afzonderlijke lampen. Vergelijk het maar met een stroom water: als je één kraan open zet, komt er een stroom water uit. Als je twee kranen open zet, komt er een even grote stroom bij, dus in totaal is de stroom water twee keer zo groot. Wat we zoeken, is de weerstand die de stroom ondervindt. Bekijk het dus vanuit de stroom: wat voor weerstand ondervindt de stroom water? Als er geen kraan open is, dan is voor de stroom water de weerstand oneindig groot: het kan niet stromen. Als we één kraan opendoen, dan is de weerstand een stuk lager en het water kan gaan stromen. Als we twee kranen opendoen dan kan het water nog gemakkelijker stromen, dus de weerstand is nog lager. Wij willen niet weten wat de weerstand van de kraan is, maar we willen weten wat de weerstand is die de stroom ondervindt. De weerstand van beide kranen is gelijk, maar de weerstand voor de stroom van het water is een stuk minder, als beide kranen openstaan. Dat doen we ook bij de lampen. Wat wij willen weten, is hoe groot de weerstand is voor de stroom elektronen die er door gaat. Dus hoe gemakkelijk de stroom er door kan. Bij twee open kranen is de weerstand twee keer lager dan bij één open kraan. Zo is ook bij twee lampen, waaruit de stroom kan kiezen, de weerstand twee keer lager dan bij één lamp. Als de stroom er twee keer zo gemakkelijk door kan, dan is de weerstand voor de stroom twee keer zo laag."

De leerling kijkt nog wat moeilijk. Ze verklaart haar probleem met: "In het eerste geval dat de stroom door beide lampjes ging was de weerstand twee keer zo groot: logisch. Nu bij de grote lampen kan de stroom kiezen tussen de lampen en is de

weerstand twee keer zo laag? Het verhaal van de kraan begrijp ik wel, maar het verschil van beide gevallen nog niet helemaal."

De leraar helpt door de proeven met de kleine lampjes en de grote lampen te vergelijken:

"Bij proef 1 en 2 moet de stroom eerst door het ene lampje en vervolgens door het andere (zie figuur 6.2). De lampjes staan achter elkaar, in serie noem je dat. De gehele stroom gaat door beide lampjes en de totale weerstand is dus de weerstand van beide lampjes bij elkaar opgeteld. Bij proef 5 en 6 zijn beide lampen via de verdeeldoos verbonden met het stopcontact met dezelfde spanning van 230 Volt. De stroom kon daarbij kiezen tussen of door de ene lamp te gaan of door de andere lamp. Deze lampen staan niet achter elkaar, in serie, maar naast elkaar, dat noem je parallel (zie figuur 6.6). Nu zijn er twee wegen, waaruit de stroom kan kiezen. Dat gaat voor de stroom twee keer zo gemakkelijk, dus is de weerstand twee keer zo laag." De leraar verduidelijkt dit met een voorbeeld uit de ervaringswereld van de leerling die de leerlingen begrijpen:

"Vergelijk de elektrische stroom maar eens met een stroom leerlingen," haalt de leraar een voorbeeld aan uit de dagelijkse praktijk van de leerlingen. "Julie willen met z'n allen tegelijk in de pauze door een deur naar buiten. Veel leerlingen staan te wachten en een klein stroompje leerlingen kan er uit. Als de leerlingenstroom door een deur moet en even later nog eens door een deur, dan ontstaat er twee keer een opstopping. De stroom wordt dan twee keer tegengehouden, ofwel de stroom ondervindt twee keer een weerstand. Dat geeft een heel ander beeld dan als de leerlingenstroom uit twee deuren naast elkaar mag kiezen. Als er twee deuren naast elkaar waren geweest, dan wordt de leerlingenstroom minder tegengehouden. De leerlingenstroom was dan $2 \times$ zo groot geweest, dus de weerstand $2 \times$ zo klein. Zo werkt het bij elektrische stroom ook. Bij twee lampjes waar de stroom beide doorheen moet, is de weerstand $2 \times$ zo groot. Bij twee lampen waar de stroom kan kiezen, dus zich kan verdelen, is de weerstand $2 \times$ zo klein." Dit voorbeeld uit de dagelijkse praktijk van de leerlingen verbaasde niemand. Dit is toch niet moeilijk? Het begrijpen van de wet van Ohm is net zo min moeilijk.

"Vullen we bij proef 6 voor de weerstand in $\frac{1}{2} \times R^*$. Dan blijkt, bij vergelijken van proef 5 en 6 bij gelijke spanning van 230 Volt dat als de weerstand $\frac{1}{2}$ zo groot is, de stroomsterkte $2 \times$ zo groot wordt. De gevonden regelmaat $V = I \times R$ geldt dus in alle gevallen. Meneer Ohm heeft dat het eerst ontdekt, vandaar dat deze formule 'de wet van Ohm' wordt genoemd. Als rekenhulpmiddel is de formule handig."

Bij deze stap van het vergelijken van de voorbeelden, komt de docent met voorbeelden uit een ander vakgebied. De volgende stap is, dat de leerlingen zelf voorbeelden zoeken uit hun eigen beleavingswereld en daarbij de overeenkomsten en verschillen zoeken met de te leren grote lijn.

Bij stap 7 zoeken de leerlingen zelf voorbeelden die ze kennen uit hun dagelijks leven. Daarbij dient dezelfde samenhang van de grote lijn te gelden als in stap 6.

"Kan iemand me een voorbeeld geven van de werking van de wet van Ohm? Waar moeten jullie aan denken," vraagt de leraar, "als je dit verhaal hoort?" Een leerling antwoordt:

"Mijn moeder neemt altijd met de auto een sluiproute om de file op de rondweg te vermijden. Voor de verkeersstroom is de file een grote weerstand. Vandaar dat zij en ook anderen kiezen voor een andere weg. Het verkeer zal daardoor beter doorstromen. Heeft de verkeersstroom de keuze tussen beide routes, dan zal de weerstand minder groot zijn en beter stromen. Moet de verkeersstroom echter eerst de file passeren en dan ook nog door de sluiproute, dan zou de weerstand aanzienlijk toenemen. Dat zou enorme opstoppingen geven."

"Ja, een uitstekend voorbeeld," bemoedigt de leraar. "Iemand anders nog?" Een andere leerling vertelt:

"Mijn opa heeft vorige week een *bypass* gekregen. Een ader bij zijn hart zat verstopt. In het ziekenhuis hebben ze nu een ader uit zijn been verplaatst. Daardoor ondervindt het bloed om het hart nu minder weerstand en kan het dus beter stromen."

"Het hart pompt met een bepaalde kracht. Nu de weerstand minder is, zal de stroom bloed groter worden," zo gaat de leraar er op in. "Ik weet trouwens niet wat er precies gebeurt: of dat de oude ader wordt verwijderd en de nieuwe ader met minder weerstand er voor in de plaats komt, of dat de nieuwe ader naast de oude ader komt te lopen. Weet jij dat?"

De leerling schudt het hoofd.

"Nee? Kun je dat eens vragen aan opa? Gaat het goed met hem?" De leerling knikt instemmend.

Weer een andere leerling vertelt:

"Ik hoorde van mijn zus dat ze de wet van Ohm vergelijkt met de wet van *Thante...*".

Op de vragende blik van de leraar gaat ze lachend verder:

"Die naam heeft ze zelf verzonnen: *Thante* is net zoiets als Ohm. Je bent Verliefd (V) en daardoor komt er een stroom van kusjes (I). Hoe meer je Verliefd bent, des te groter de stroom kusjes. Tenzij je ze tegenhoudt, die stroom kusjes. Dus afhankelijk van je weerstand (R) komt de stroom kusjes op gang. Hoe kleiner de weerstand, des te groter de stroom kusjes. Deze voorstelling gebruikt ze altijd om de wet van Ohm beter te begrijpen."

Het gebruik van eigen voorstellingen helpt een formule beter te begrijpen. De fysisch correcte manier van weergave van de wet van Ohm is dat de grafiek van de stroom uitgezet tegen de spanning een rechte is. De stroom en de spanning zijn dus recht evenredig. Daardoor wordt echter de betekenis van de formule zelf niet begrepen. Neem bijvoorbeeld de uitspraak "In een salonorkest is de waardering voor een cellist en een contrabassist omgekeerd evenredig met het aantal noten dat ze spelen". Een algemene uitspraak die de meeste mensen niet begrijpen. Pas na het voorbeeld "een cellist speelt drie keer zoveel noten als een contrabassist, maar

de waardering voor de contrabassist is juist drie keer zo groot" komt de boodschap over. Een voorbeeld geven van een grote lijn komt vaak al duidelijker over dan de grote lijn zelf.

Als voorbereiding van de volgende les over het gebruik van de wet van Ohm geeft de leraar een voorbeeld uit het dagelijks leven om over na te denken:

"Volgende keer gaan we bekijken hoe jullie fietslamp precies werkt. Ik hoop dat je na die les begrijpt dat als je voorlamp stuk is, binnen korte tijd ook je achterlamp zal doorbranden." Een voorbeeld uit het dagelijkse leven (Boltjes, 1966) waar veel scholieren uit de basisvorming mee te maken hebben.

6.2.8 *Het verschil tussen de leer- en lesmethode*

Plaatsen we de stappenplannen van de leer- en de lesmethode naast elkaar (figuur 6.10), dan zien we als verschil dat bij de leermethode het stappenplan uit 8 stappen bestaat en de lesmethode uit 7 stappen.

De overeenkomsten tussen de stappenplannen van de leer- en lesmethode zijn groot.

1. Stap 1 is bij beide het afbakenen van het gebied waarnaar je kijkt, ofwel het bepalen van de context.
2. Stap 2 van de leermethode is relevante voorbeelden verzamelen. Hierbij kunnen alle relevante voorbeelden bekeken worden. Bij stap 2 van de lesmethode wordt een eerste voorbeeld gegeven, pas later volgen nog eer voorbeelden.
3. Stap 3 en 4 van de leermethode is het verwoorden en opdelen in kleinst mogelijke zinnen. Dat zelfde gebeurt in de lesmethode in slechts één stap 3, het koppelen van het voorbeeld aan de grote lijnen.
4. Stap 5 van de leermethode komt overeen met stap 4 van de lesmethode: het weergeven van de grote lijnen.
5. Bij stap 6 van de leermethode worden alle verzamelde voorbeelden gekoppeld aan de grote lijn. In stap 5 van de lesmethode moet nog minstens één relevant voorbeeld besproken worden, mogelijk zelfs meer dan een voorbeeld.
6. Stap 7 van de leermethode komt overeen met stap 6 van de lesmethode: het weergeven van de overeenkomsten en de verschillen tussen alle voorbeelden.
7. Stap 8 van de leermethode komt overeen met stap 7 van de lesmethode: de leerling aanmoedigen om voorbeelden uit het dagelijks leven te vergelijken met de gevonden grote lijn voor kennistransfer.

| Voorbeeldgestuurd leren | | Voorbeeldgestuurd lesgeven | |
|-------------------------|---|----------------------------|--|
| stap 1 | baken het gebied waarnaar je kijkt af | stap 1 | baken het gebied waarnaar je kijkt af |
| stap 2 | verzamel relevante voorbeelden | stap 2 | geef een relevant voorbeeld |
| stap 3 | verwoord de voorbeelden | stap 3 | koppel het voorbeeld aan de grote lijnen |
| stap 4 | maak de kleinst mogelijke zinnen van de verwoording | | |
| stap 5 | geef de grote lijnen en de begrippen weer | stap 4 | geef de grote lijnen en de begrippen weer |
| stap 6 | plaats de voorbeelden bij de grote lijnen | stap 5 | geef minstens twee relevante voorbeelden |
| stap 7 | zoek overeenkomsten en verschillen | stap 6 | zoek overeenkomsten en verschillen |
| stap 8 | plaats de grote lijnen in de ervaringswereld | stap 7 | plaats de grote lijnen in de ervaringswereld |

Figuur 6.10: de stappenplannen van de leer- en lesmethode van voorbeeldgestuurd onderwijs.

Het grootste verschil tussen het stappenplan van de leermethode en van de lesmethode is, dat de twee stappen 3 en 4 van de leermethode in de enkele stap 3 van de lesmethode plaatsvindt. Bij de leermethode moet de leerling bij stap 3 de voorbeelden verwoorden en vervolgens bij stap 4 de verwoording opdelen in de kleinst mogelijke zinnen zonder informatieverlies. Deze kleinst mogelijke zinnen geven alle eigenschappen van de begrippen weer die belangrijk zijn. Daardoor wordt een complex begrip uiteengehaald tot een aantal feitelijke eigenschappen. Dit gebeurt aan de hand van de verwoording die de leerling zelf maakt en dus ook zelf begrijpt. Bij stap 3 van de lesmethode daarentegen verwoordt de docent het begrip. In de verwoording door de docent schuilt het gevaar dat de docent er te snel vanuit gaat dat de leerlingen het nieuwe begrip daadwerkelijk begrijpen. Een voorbeeld is het te snel gebruiken van afkortingen van begrippen die na één keer noemen al bekend worden verondersteld. Ook kan het voorkomen dat de docent nieuwe begrippen aanduidt met *deze* of *die* terwijl zij op het bord wijst. Wanneer de schrijvende leerling niet ziet waarnaar de docent verwijst, kunnen mogelijk misconcepties ontstaan door een verkeerde koppeling van eigenschappen aan nieuwe begrippen. Dat deze ene stap 3 in de lesmethode dezelfde functie heeft als de twee stappen 3 en 4 bij de leermethode, geeft de belangrijkheid aan van deze ene stap. Het koppelen van het voorbeeld aan de grote lijnen moet dus in zo klein mogelijke stapjes gebeuren. De docent moet met woorden aan de leerlingen uitleggen dat het concrete relevante voorbeeld dat de docent heeft gekozen, evident is om de nieuw te leren grote lijnen te begrijpen.

Het grote verschil tussen de leer- en lesmethode is de verwoording. Bij de leermethode worden de nieuwe begrippen door de leerling verwoord en bij de lesmethode door de docent. Bij het klassikaal - frontaal auditief - lesgeven speelt de bekwaamheid van de leraar een grote rol om de nieuwe begrippen te verwoorden en over te brengen. In de volgende paragraaf wordt deze bekwaamheid van leraren besproken.

6.3 De bekwaamheid van leraren

Het voorbeeldgestuurd lesgeven integreert kenmerken van het nieuwe leren bij klassikaal onderwijs. Bij klassikaal lesgeven is het pedagogisch en didactisch handelen van de leraar van cruciale betekenis. De kwaliteitsbewaking van de bekwaamheid van leraren is een zorg voor de overheid die ik beschrijf in 6.3.1. De overheid heeft om de kwaliteitsbewaking te kunnen garanderen, beroepsprofielen geformuleerd. De daaruit afgeleide gewenste competenties voor leraren noem ik in 6.3.2. De door de overheid aanbevolen pedagogische en didactische activiteiten, die leraren moeten ontplooiën om lesbekwaam te zijn, bespreek ik in 6.3.3.

6.3.1 Kwaliteitszorg in het onderwijs

Volgens de Inspectie van Onderwijs is de aandacht voor kwaliteitszorg de laatste jaren op de scholen ontegenzeggelijk toegenomen, aldus haar verslag over de staat van onderwijs in Nederland in 2001 (Inspectie, 2002).

De overheid heeft een belangrijke permanente verantwoordelijkheid voor het garanderen van de kwaliteit van de leraar. Het instrument van een in- of externe ijking van de vakdidactische kwaliteit is echter in het algemeen nog onbekend. De verantwoordelijkheid voor de kwaliteitsbewaking moet vorm krijgen binnen een dynamisch stelsel van beroepsprofielen, bekwaamheidseisen en de toetsing daarvan. In het najaar van 2001 heeft de minister van OCenW (MinOCenW, 2001) een voorstel voor een 'Wet op de Beroepen in het Onderwijs' naar de Tweede Kamer gezonden. In deze profielen worden de verschillende activiteiten van de leraar vrijwel volledig beschreven in samenhang met de bedoeling daarvan. Hieruit is afgeleid wat van de leraar verwacht wordt en in welke contexten deze het werk uitvoert. De Stichting Samenwerkingsorgaan Beroepskwaliteit Leraren (SBL) werd gevraagd een hanteerbare en in de dagelijkse praktijk herkenbare standaard voor de basisbekwaamheid van de leraar te ontwikkelen. Op de cd-rom 'Leraar: beelden van bekwaamheid' van de SBL (2002) wordt de leraarsbekwaamheid beschreven. Het geheel van de gewenste bekwaamheden is gedefinieerd in termen van gewenste opbrengst. De gewenste opbrengst wordt (politiek-) maatschappelijk bepaald.

In enkele hoofdlijnen kan een referentiekader voor goed onderwijs als volgt worden geschetst:

- goed onderwijs doet recht aan de psychologische basisbehoeften van lerenden;
- goed onderwijs helpt lerenden de maatschappelijk noodzakelijke, voor hen haalbare en door henzelf gewenste leeropbrengsten te leveren; die hulp is effectief en efficiënt;
- goed onderwijs is bij de tijd en in ontwikkeling, wat betreft inhouden, materialen en werkwijze;
- goed onderwijs is verantwoord gezien de eigen identiteit van de onderwijsinstelling, de actuele praktijk in het onderwijs en de actuele stand van zaken in de onderwijskundige theorie.

Voor dit referentiekader bestaat een breed draagvlak in en buiten het onderwijs, aldus de SBL (2002). De bekwaamheidseisen voor leraren werden ingedeeld in zeven competenties die ik in de volgende subparagraaf beschrijf.

6.3.2 Competenties voor leraarsbekwaamheid

De SBL (2002) heeft de kenmerken van goed onderwijs vertaald naar de verantwoordelijkheden van de leraar middels de definitie van zeven competenties. De leraar is:

1. *pedagogisch competent*: de leraar draagt zorg voor het realiseren van een veilige leeromgeving voor leerlingen;
2. *(vak-)didactisch competent*: de leraar draagt zorg voor het realiseren van een krachtige leeromgeving voor leerlingen;
3. *interpersoonlijk competent*: de leraar draagt zorg voor het realiseren van samen gaan van en samenwerken met leerlingen;
4. *organisatorisch competent*: de leraar draagt zorg voor het realiseren van structuur in de leeromgeving voor leerlingen;
5. *competent in samenwerking met collega's*: de leraar draagt bij aan het realiseren en het verder ontwikkelen van het pedagogisch/didactisch klimaat van de school en de kwaliteit van de werkverhoudingen en de organisatie van de school;
6. *competent in samenwerking met anderen buiten de school, met name met ouders en collega's van andere instellingen*: de leraar draagt bij aan het realiseren en de ontwikkeling van de samenwerkingsrelatie met mensen en instellingen in de omgeving van de school;
7. *competent in reflectie en ontwikkeling*: de leraar onderzoekt en ontwikkelt opvattingen en bekwaamheden ten aanzien van de verschillende aspecten van beroepsuitoefening.

Met de beschrijving van de zeven competenties worden de aspecten van bekwaamheid, als genoemd in het wetsvoorstel, volledig gedekt: het handelen in het onderwijsleerproces met de competenties 1 t/m 4, het werken binnen een onderwijsorganisatie door competenties 5 en 6 en het algemeen professioneel handelen door competentie 7 (zie figuur 6.11).

| | met leerlingen | met collega's | met omgeving | met zichzelf |
|------------------|----------------|---------------|--------------|--------------|
| pedagogisch | 1 | 5 | 6 | 7 |
| (vak)didactisch | 2 | | | |
| interpersoonlijk | 3 | | | |
| organisatie | 4 | | | |

Figuur 6.11: de indeling van de zeven competenties voor leraarsbekwaamheid naar de Stichting Samenwerkingsorgaan Beroepskwaliteit Leraren (SBL, 2002).

Mijn onderzoek is vooral gericht op de pedagogische (1) en (vak)didactische (2) competenties van de leraar in klassikaal onderwijs. Op de aanbevolen didactische werkwijzen ga ik in de volgende subparagraaf nader in. Ze blijken perfect te sporen met de didactiek van voorbeeldgestuurd onderwijs.

6.3.3 Aanbevolen didactische activiteiten in de basisvorming

Hoewel in de wet geen didactische werkwijzen worden voorgeschreven, zijn er karakteristieken geformuleerd voor wenselijk geachte didactische activiteiten. De probleemstelling is vooral gericht op onderwijs in de basisvorming van het voortgezet onderwijs, vandaar dat ik de karakteristieken bespreek die daarvoor geformuleerd zijn.

In augustus 1993 zijn de scholen voor voortgezet onderwijs begonnen met de invoering van de basisvorming. In de basisvorming wordt een gemeenschappelijk curriculum aangeboden aan alle leerlingen in de eerste fase van het voortgezet onderwijs. Het gemeenschappelijk curriculum omvat algemene en vakspecifieke kerndoelen die richtinggevend zijn voor de leerinhouden van de vakken. Voor 15 vakken werden kerndoelen vastgesteld, die door alle leerlingen in twee tot vier jaar bereikt zouden moeten worden. Daarnaast werd ook een verandering verwacht in de aard van het onderwijsleerproces. Het Procesmanagement Basisvorming (PMB) heeft in 1993 drie kernkarakteristieken geformuleerd aan de hand waarvan wenselijke didactische activiteiten konden worden afgeleid: (T) toepassen, (V) vaardigheid en (S) samenhang. Deze zogenaamde TVS-karakteristieken (PMB, 1993a, 1993b) geven de richting aan van het didactisch handelen:

- T) *Toepassingsgerichtheid* betekent dat de manier waarop kennis aan de leerlingen wordt aangeboden levensecht dient te zijn. De kennis dient gekoppeld te worden aan voor de leerling herkenbare situaties uit de leefwereld. Toepasbaarheid vereist, dat de leerling iets met de kennis kan doen, zowel als persoon als in het maatschappelijk functioneren.
- V) Niet alleen kennis en inzicht, maar ook *vaardigheden* zijn van belang om aan te leren. Dit dient in samenhang te gebeuren met de toepassing (T). Het kunnen vakspecifieke vaardigheden zijn, maar ook vakoverstijgende vaardigheden.
- S) Kennis en vaardigheden voor alle vakken dienen in samenhang met elkaar te worden aangeleerd. *Samenhang* in leerinhoud komt tot uiting in samenhang tussen vakken en leerstofgebieden. Dit kan uitmonden in overleg tussen vaksecties op basis van overeenkomstige kerndoelen, in het gebruik van thema's (projectonderwijs), in vakkenintegratie, en in versterking van relaties tussen onderdelen van de leerinhoud.

De TVS-karakteristieken zijn heel goed terug te vinden in voorbeeldgestuurd onderwijs. De (T) toepassingsgerichtheid komt tot uiting bij het koppelen van levensechte voorbeelden uit het dagelijks leven aan de lesstof, de (V) vaardigheid in het uitvoeren van het stappenplan dat vakonafhankelijk toepasbaar is, en de (S)

samenhang komt tot uiting in de voorbeelden uit het dagelijks leven waarbij de vakintegratie logisch is.

In de volgende paragraaf ga ik in op het huidig pedagogisch en didactisch handelen van de leraar. Als eerste bespreek ik de mate van toepassen van de TVS-karakteristieken zoals die uit onderzoek naar voren komt.

6.4 Pedagogisch en didactisch handelen

Volgens onderzoekers bevat de didactiek van *authentiek leren* kenmerken van de aanbevolen TVS-karakteristieken. In 6.4.1 bespreek ik onderzoeksresultaten waaruit blijkt in hoeverre de didactiek van *authentiek leren* in de basisvorming wordt gevolgd. Daarbij let ik vooral op oorzaken waardoor niet alle leraren lesgeven volgens de aanbevolen karakteristieken. In 6.4.2 geef ik het huidig pedagogisch en didactisch handelen van leraren in de basisvorming weer, zoals de Inspectie dat rapporteert. Daarna beschrijf ik in 6.4.3 de ideale situatie voor didactisch handelen, zoals die uit onderzoek naar voren komt opdat meer meisjes het vak natuurkunde kiezen in de basisvorming.

6.4.1 Gebruik van de aanbevelingen van de overheid

Authentiek leren wordt beschouwd als een didactiek die de TVS-karakteristieken voor het didactisch handelen van de leraar bevatten (Roelofs en Houtveen, 1990; Roelofs *et al.* 1996). De didactiek heeft vier kenmerken die het authentiek leren bevorderen: 1) constructie van kennis in complete taaksituaties, 2) gerichtheid op de leefwereld, 3) relevantie van leren voor buitenschoolse situaties en 4) communicatie en samenwerking. De vier kenmerken kunnen als volgt worden toegelicht:

1. Constructie van kennis in complete taaksituaties betekent dat leerlingen te maken krijgen met betekenisvolle taken. De taken hebben een procesgericht karakter, waarbij sprake is van verwoording van denkprocessen en reflectie op regulatieprocessen.
2. Gerichtheid op de leefwereld van leerlingen en hun persoonlijke voorkennis, doordat docenten bij hun keuze van hun lesonderwerpen aansluiten bij de beleevingswereld van de leerling. Er is aandacht voor preconcepties van leerlingen, die misconcepties kunnen blijken te zijn.
3. Relevant voor het leren zijn ervaringen buiten school. Leeropbrengsten reiken in de optiek van authentiek leren verder dan het verdienen van een schoolcijfer, gegeven door de docent. Bij taken en opdrachten worden leerlingen geplaatst in de rol van kennisgebruiker. Bij de instructie legt de docent contact met de actualiteit en hanteert daarbij verschillende media waardoor dat contact mogelijk wordt (zoals computer, tv).
4. Communicatie en samenwerking, waardoor kennisverwerving tot stand komt door leertaken waarin sprake is van onderlinge interactie en samenwerkend

leren. De docent biedt de faciliteiten voor het groepsproces en spreekt leerlingen aan op de door hen gevolgde aanpak.

Een onderzoek van Roelofs en Houtveen (1999) naar de didactiek van authentiek leren op scholen, bestond uit een vragenlijst die gestuurd is aan 90 scholen; per school aan een docent wiskunde en een docent Nederlands. Uit de resultaten blijkt, dat de wenselijk geachte didactische karakteristieken *Toepassingsgerichtheid*, *Vaardigheden* en *Samenhang* in de basisvorming slechts mondjesmaat worden gerealiseerd. Dit geldt met name voor het meest complexe en omvattende aspect van authentiek leren, namelijk de combinatie van deze karakteristieken; de realisatie van een constructieve leeromgeving. Ter verklaring van de geringe realisatie wordt als belangrijkste conditie gevonden, de mate waarin de leraar zich competent voelt. Docenten die het gevoel hebben voldoende deskundig te zijn om les te geven in de basisvorming, realiseren in hogere mate een didactiek van authentiek leren, dan zij die dat gevoel minder hebben. Niet alleen leerlingen zijn dus onzeker, maar leraren net zo goed.

In een dieptestudie van Roelofs *et al.* (1999) aan drie brede scholengemeenschappen werd bij een enquête onder 570 leraren en 2900 leerlingen gekeken in hoeverre de didactiek van authentiek leren werd toegepast door leraren. Daaruit bleek dat activiteiten buiten het leerboek om, startend bij individuele interesses en behoeften van leerlingen, slechts weinig voorkomen. Leraren houden zich vooral vast aan het strakke programma van het leerboek. De docenten voeren als argument voor hun huidige lespraktijken aan, dat eerst de basiskennis dient te worden aangebracht alvorens gewerkt kan worden volgens kenmerken van authentiek leren. Als verklaring dat het begrijpelijk is dat authentiek leren tot nu toe nauwelijks wordt gerealiseerd, geven Roelofs *et al.* aan, dat dit mogelijk komt omdat de docenten niet beschikken over de benodigde vaardigheden om een didactiek van authentiek leren vorm te geven. Het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven wil hen daarbij behulpzaam zijn.

Net als leerlingen hebben dus ook leraren last van onzekerheid over hun eigen competentie. Voorbeeldgestuurd lesgeven wil door het bieden van het stappenplan leraren steunen om via de inductieve weg - uitgaand van onzekerheid - volgens de gegeven TVS-karakteristieken van de overheid pedagogisch en didactisch te handelen.

6.4.2 *Didactisch handelen in de praktijk volgens de overheid*

De Inspectie (2002) stelt in haar verslag vast dat binnen het kwaliteitsbeleid van de scholen het vakdidactisch handelen van leraren niet of nauwelijks een rol speelt. Ongeveer 80 procent van de leraren mist een instantie die hen als leraar helpt om zich te ontwikkelen en die hen inspireert in hun beroep. Voor zover het gaat om vakdidactiek voorzien schoolleiders niet in dit gemis; zij hebben doorgaans weinig zicht op de kwaliteit van de vakdidactiek. In het onderzoek van Van Tienhoven (2000) geeft bijna tweederde van de leraren aan, dat de

schoolleiding niet op de hoogte is van wat er in de klas gebeurt. Leraren functioneren dus vrijwel autonoom wat betreft vakdidactisch handelen.

De Inspectie van het Onderwijs meldt in haar verslag over het jaar 2001 (Inspectie, 2002) dat ze de kwaliteit van het pedagogisch en didactisch handelen in 88 procent van de bijgewoonde lessen positief heeft gewaardeerd. Bij de beoordeling is ze uitgegaan van basale voorwaarden binnen het onderwijsleerproces, zoals: positieve persoonlijke aandacht voor leerlingen, zorg voor een goed werkklimaat, structuur in de opbouw van de les, voldoende kwaliteit in de uitleg en de controle op de voortgang van leerlingen.

In het eerste leerjaar van alle schoolsoorten is de kwaliteit van het pedagogisch en didactisch handelen goed te noemen, constateert de Inspectie. Op het VMBO en HAVO wordt deze minder sterk in het tweede leerjaar. In MAVO-3 en HAVO3-4 houdt deze matige pedagogische en didactische kwaliteit aan. Op alle schoolsoorten hebben leraren van de algemene vakken (exacte vakken, talen, zaakvakken) de meeste moeite met het realiseren van een goed werkklimaat in de klas. Lessen waarin leraren (bijna) uitsluitend frontaal klassikaal lesgeven, vond de Inspectie betrekkelijk vaak van mindere kwaliteit.

In het MAVO (thans VMBO) is het frontaal klassikale lesgeven de dominante werkvorm; deze neemt toe in de loop van de leerjaren 1 tot 4. In de leerjaren 4-5 HAVO en 4-5-6 VWO neemt het zelfstandig werken door leerlingen weliswaar toe, maar de frontaal klassikale aanpak is in het eindexamenjaar van HAVO en VWO in ruim de helft van de lessituaties toch de overwegende didactische werkvorm, constateert de Inspectie in haar verslag over 2001. Het ligt voor de hand, dat er een relatie bestaat tussen de aard van het vak en de daarin toegepaste didactische werkwijze. De frontaal klassikale aanpak is het meest waargenomen in de lessen geschiedenis, vreemde talen en natuurkunde, aldus de Inspectie.

De Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologiebeleid geeft in haar verkenningsrapport over hoe het onderwijs er in 2010 uit zal zien nadrukkelijk aan "dat zij, zeker waar het het funderend onderwijs betreft, geen radicale overgang verwacht van het traditionele naar een nieuw type onderwijs. Wel zal er náást de huidige onderwijspraktijk meer ruimte zijn voor andere opvattingen over kennis, leren, didactiek, leraren en schoolorganisatie, dan in het verleden het geval is geweest" (AWT, 2002). De verwachting is dus dat de traditionele klassikale manier van lesgeven in de basisvorming niet radicaal zal verdwijnen.

Zeker in de basisvorming zal de huidige situatie van klassikaal lesgeven in de toekomst nog veelvuldig gebruikt worden. In de volgende subparagraaf beschrijf ik het ideaalbeeld van didactisch handelen opdat meer meisjes natuurkunde kiezen.

Onderzoek van Alting (2003) geeft aan wat docenten kunnen doen zodat meer meisjes na de basisvorming natuurkunde kiezen, in de steekwoorden: *nut*, *vertrouwen* en *toegankelijkheid*. Op grond van wat er uit onderzoek en praktijkgegevens al bekend is over wat meisjes aanspreekt, vormt Alting een beeld van de ideale toestand: de *Ideal State*. Zij vergelijkt dit ideaalbeeld met de bestaande onderwijspraktijk: de *Actual State*. Uit het onderzoek blijkt dat er (meer) aandacht moet worden besteed aan het (1) *nut* van natuurkunde in de lessen. Verder moet de docent bij de keuzebegeleiding (2) *vertrouwen* hebben in de capaciteiten van meisjes voor natuurkunde en het vak moet (3) *toegankelijk* zijn voor de leerlingen qua moeilijkheidsgraad, variatie in onderwerpen, orde en structuur. Deze punten licht ik hieronder toe.

De sterkste voorspeller van de keuze van meisjes voor het vak natuurkunde is het (1) *nut* van het vak. Leerlingen die natuurkunde nuttig vonden, praatten significant vaker dan andere leerlingen over opleidingen en beroepen waar natuurkunde voor nodig is, vooral met hun ouders. Leerlingen vonden dat docenten tijdens hun lessen veel meer met voorbeelden moesten komen over het nut van het vak natuurkunde voor later. Het *nut* blijkt bij voorbeeldgestuurd onderwijs uit het starten van de les met voorbeelden uit het dagelijks leven.

De door de docent verwachte keuze voor het vak vormt eveneens een sterke voorspeller van de keuze door meisjes. Die keuze hangt samen met een niet-stereotiep beeld van, of ook (2) *vertrouwen* in, de eigen capaciteiten. De door Alting onderzochte meisjes kozen vaker natuurkunde naarmate zij aangaven een positief advies te hebben gehad van hun docent natuurkunde. Docenten natuurkunde zouden op zijn minst aan meisjes, met voldoende of betere resultaten in de natuurkunde, kunnen vertellen dat zij op grond van hun prestaties het vak natuurkunde en/of exact technische sector kunnen kiezen. Dit advies zou vergezeld kunnen gaan van informatie over vervolgoopleidingen en beroepen waar natuurkunde voor nodig is, maar niet van een gesprek over de toekomstplannen van de meisjes in het algemeen. Praten over de toekomstplannen in het algemeen zou te veel uitmonden in het meegaan in de mogelijkheden die een meisje voor zichzelf ziet, zonder dat informatie wordt geboden over mogelijke aantrekkelijke alternatieven waar zij nog niet bij stil heeft gestaan, aldus Alting. Het *vertrouwen* blijkt bij voorbeeldgestuurd onderwijs door het lesgeven vanuit de onzekerheid van de leerling. De inductieve denkrant zorgt daarvoor. Bovendien krijgen onzekerheden volle aandacht bij de discussie in de verduidelijkingsdialoog. Zowel in de discussie met medeleerlingen als met de leraar.

Door de presentaties van de leerstof komt onder andere de (3) *toegankelijkheid* tot uiting: variatie in de leerstofonderdelen die een brede, oriënterende aanpak impliceert, een goed op de capaciteiten van de leerlingen afgestemde moeilijkheidsgraad van de leerstof, ook tot uiting komend in gemak als kenmerk van het klasklimaat 'de meeste leerlingen vinden natuurkunde gemakkelijk', en geen selecterend proefwerk vlak voordat de keuze moet worden gemaakt. Verder verdient het aanbeveling af te zien van een te eenzijdige, diepgaande en op selectie gerichte behandeling van natuurkunde in het tweede leerjaar, het gebruiken van de

wiskundecijfers als indicator voor toekomstig succes in natuurkunde en het gebruiken van een helder gestructureerd, qua taalgebruik en illustraties niet stereotyperend, leerling-gericht leerboek. Op schoolniveau zouden maatregelen genomen moeten worden om negatieve effecten van storend gedrag van jongens op waardering van meisjes voor natuurkunde tegen te gaan. De *toegankelijkheid* bij voorbeeldgestuurd onderwijs blijkt uit de transfer van kennis met eerder opgedane ervaringen waarmee de nieuwe leerstof wordt vergeleken.

Bovenstaande punten: *nut, vertrouwen en toegankelijkheid* gelden als aanbevelingen van wat leraren kunnen doen zodat meer meisjes natuurkunde gaan kiezen. In voorbeeldgestuurd lesgeven zijn de drie genoemde punten nadrukkelijk aanwezig. Ook voor andere vakken zullen deze aanbevelingen het didactisch handelen van leraren positief beïnvloeden. De docent neemt bij klassikaal lesgeven een centrale plaats in, die ik in de volgende paragraaf bespreek.

6.5 Centrale rol van de docent bij het lesgeven

Bij klassikaal lesgeven heeft de docent een centrale rol. De interactie tussen leraar en leerlingen neemt daarbij een belangrijke plaats in. In 6.5.1 bespreek ik dat de interactie van leraar en leerling vaak - onbedoeld - genderafhankelijk is. Leraren laten zich misleiden door de onzekerheid van meisjes. In de vorige hoofdstukken bleek al dat meisjes zich zekerder voelen als er wordt lesgegeven volgens de inductieve denkrant. Bij leraren, die een denkniveau hoger de deductieve denkrant beheersen, ontstaat bij inductief lesgeven het gevoel 'van achteren naar voren' les te moeten geven. Dit gevoel, de anti-didactische inversie, wordt overwonnen door het stappenplan aan te houden. In 6.5.2 bespreek ik hoe het stappenplan leraren zekerheid geeft, hetgeen hun competentiegevoel verhoogt. Vervolgens bespreek ik in 6.5.3 hoe ordeverstoringen bij voorbeeldgestuurd onderwijs kunnen worden omgebogen tot een wezenlijk onderdeel van het leren van de leerling. Dit versterkt het verhoogde competentiegevoel van de leraar, waardoor de kwaliteit van het didactisch handelen toeneemt.

6.5.1 Genderafhankelijke interactie tussen leraar en leerlingen

De interactie tussen leraar en leerlingen staat bij lesgeven centraal. In het emancipatierapport 'Een kristal van kansen' (MinOCenW, 1998) staat te lezen: "Er moet een cultuuromslag bij docenten komen om te leren omgaan met individuele verschillen, zeker ook sekseverschillen."

Het sekseverschil wordt soms versterkt door de docenten. "Taal - in de zin van communicatie tussen leerkracht en leerling - blijkt cruciaal", zo vonden Dolle-Willemsen en Verbiest (1999). "Tot verbazing en soms ook ontzetting van de leerkrachten, die menen meisjes en jongens gelijk te behandelen, blijkt er in de klas behoorlijk onderscheid te worden gemaakt. Meisjes laten ze meer feitenvragen beantwoorden 'Wanneer brak de revolutie uit?' Jongens krijgen

doordenkertjes: 'Waarom brak de revolutie uit?' Daarbij maken leerkrachten vaker oogcontact met jongens; ze luisteren meer naar jongens en ze knikken hen vaker bemoedigend toe. Dit alles zonder dat ze zich daarvan bewust zijn." Meisjes en jongens ontwikkelen zich in hoge mate naar het verwachtingspatroon van de docenten. De argeloze leerkracht trekt uit het *lekenrepertoire* van een meisje en het *deskundigenrepertoire* van een jongen snel de conclusie dat jongens weten waar ze over praten (Volman, 1995). Bij de wet van Ohm noemen meisjes het lampje bijvoorbeeld 'dat dingetje' in plaats van weerstand, want ze beheersen de nieuwe stof nog niet. Zelfs broer en zus uit een zelfde gezin zitten in een verschillende sociale wereld die hun toekomstverwachting bepaalt. Dat vloeit voort uit socialisatie, de latente en manifeste beïnvloeding door het geheel van maatschappelijke omgevingsfactoren op de persoonsontwikkeling van de mens. Toch is het draagvlak voor het serieus nemen van sekseverschillen als belangrijk onderwerp binnen het onderwijs nog beperkt. Dat komt omdat de gedachtegang van de meeste docenten is "ik behandel jongens en meisjes gelijk". Daardoor staat sekseverschil niet hoog op de agenda genoteerd in de discussie over gewenste pedagogisch-didactische aanpak.

Hieronder geef ik een eigen observatie als voorbeeld. Tijdens een les natuurkunde aan een groep studenten beantwoordde de mannelijke docent vragen. De meisjes werkten samen aan de opgaven en ook een aantal jongens had een groepje gevormd. De studenten werkten aan een opgave over elektrische en magnetische krachten. Onder invloed van die krachten kunnen draadramen gaan draaien. Draadramen bestaan uit een rechthoekige draad waardoor een elektrische stroom loopt. De docent legde het draaien uit met behulp van de zogenaamde *Bil-formule*. Eerst aan het groepje meisjes en een half uur later aan het groepje jongens. De structuur van het gesprek bij de uitleg aan de meisjes verliep ongeveer als volgt. "Je moet je dit ruimtelijk voorstellen," sprak de docent. Hij verduidelijkte het figuur in het boek en had een paar handen te kort om dat goed te doen. "Dit stuk is niet interessant. Dat is geen veroorzaker van het draaien. Laten we eerst een gemakkelijker situatie bekijken, dit is al een moeilijke." Hij besprak nog eens de theorie uit het boek. "Klinkt ingewikkeld. Je moet het ruimtelijk zien, dat is nog ingewikkelder, met al die vlakken. Nooit stereo gehad? Dan is het moeilijk in te zien. Het is ook een ingewikkelde regel, de Bil-formule." Een half uur later legde de docent dezelfde opgave uit aan de jongens, zonder één keer het woord moeilijk of ingewikkeld uit te spreken. De uitleg aan de jongens leek eerder op een discussie met gelijkwaardige partners.

Tijdens de nabespreking attendeerde ik de mannelijke docent er op dat hij bij de uitleg aan de meisjes vijf maal het woord *moeilijk* had gebruikt en bij de uitleg aan de jongens geen enkele keer. Daar keek hij verbaasd van op. Zijn verschil in houding naar de meisjes - moeilijk/moeilijk - en naar de jongens - gelijkwaardig - verklaarde hij na enig doorpraten, licht blozend, dat een vak als natuurkunde toch ook niets voor meisjes was. "Dat hebben vrouwen toch niet nodig? Exactheid is iets voor mannen." Die docent was zelf verbaasd over zijn eigen uitspraak. Het verschil in lesgeven aan meisjes en jongens blijkt bij docenten onbedoeld wel degelijk aanwezig te zijn, zeker bij exacte vakken zoals natuurkunde en wiskunde.

In 1989 startte echter op het Coornhert Lyceum in Haarlem een proef met aparte meisjes en jongensklassen voor het vak wiskunde, om uit te sluiten dat er bij de exacte vakken gedifferentieerd werd naar gender. Het eindrapport van deze proef van Van Eck (1994) vermeldt als voordelen, dat meisjes in een ongemengde groep meer vragen durven te stellen en dat jongens sneller door de stof kunnen. Als nadeel staat vermeld, dat in de klas met alleen meisjes de *slimme vragen* van de jongens gemist werden. Deze conclusie wordt door veel mensen bestreden, omdat uit andere onderzoeken niet blijkt dat meisjes minder slim zijn in wiskunde dan jongens. De bedoeling was om met het project aan te tonen dat meisjes beter in wiskunde zouden presteren als ze ook eens alle aandacht van de docenten kregen.

Mijns inziens is extra aandacht krijgen alleen niet voldoende om onderwijs in de exacte vakken meisjes te laten aanspreken. Het gaat er om de vragen niet op te delen in de schadelijke binaire oppositie van slimme/domme vragen, maar of er op een zodanige manier wordt lesgegeven dat meisjes hun vragen durven te stellen. Wil je slimme vragen krijgen van meisjes, dan moet je lesgeven op een manier dat ze hun onzekerheid overwinnen. Dan krijgen de meisjes meer zelfvertrouwen en komen ze vanzelf met spontane reacties en met meer en slimmere vragen. Vragen worden dan niet gesteld door leerlingen die iets niet begrijpen, maar door leerlingen die aan het zoeken zijn naar de mogelijkheden en onmogelijkheden van de te leren grote lijnen. Het stellen van vragen wordt dus gehaald uit de sfeer van *dom en niet begrijpen*. Vanuit de onzekerheid van de leerling worden spontane associaties van de leraar gevraagd om die met de te leren stof te vergelijken. Een leraar geeft dus niet alleen zelf voorbeelden, maar moet ook samen met de leerlingen overeenkomsten en verschillen zoeken van de voorbeelden die voortkomen uit hun spontane associaties. Leerlingen krijgen dus de kans aan de hand van hun individuele voorbeelden te leren. Onafhankelijk van hun gender.

De leraar kan dus niet de les van tevoren geheel voorbereiden, want zij moet ook de spontane voorbeelden van de leerlingen bespreken. Het stappenplan biedt de leraar daarbij houvast.

6.5.2 *Stappenplan geeft de leraar een gevoel van competentie*

Vaak is verondersteld dat het handelen van leraren door bewuste processen wordt gestuurd (Clark en Peterson, 1986; Corporaal, 1988). Vanuit de veronderstelling van bewuste processen vindt kennisoverdracht aan leraren-in-opleiding veelal volgens de aloude deductieve denktrant plaats (Dolk, Korthagen en Wubbels, 2000). De belangrijkste bezwaren die daaraan kleven zijn (Korthagen, 1998) het gebrek aan transfer van de onderwijstheorieën naar de praktijk en het modellerende effect van de opleiding. Uit gebrek aan transfer van onderwijstheorieën naar de praktijk blijkt al, dat ook voor leraren de deductieve manier van les krijgen niet de optimale is. Het modellerende effect van hun opleiding zorgt ervoor dat leraren op dezelfde manier gaan lesgeven. Door de ervaring die leraren als leerling hebben ondervonden met de deductieve lesvolgorde, geven ze zelf veelal ook weer deductief les, hetgeen dus bij voorbeeldgestuurd onderwijs bewust doorbroken dient te worden.

Het lesgeven volgens de inductieve denktrant keert de lesrichting om door te beginnen met voorbeelden en van daaruit de grote lijnen af te leiden. Dit omdraaien van de lesvolgorde noemde Freudenthal (1987) anti-didactische inversie (zie 3.4.4). Bij het omdraaien van de lesvolgorde wordt niet uitgegaan van de zekerheid van de leraar, maar van de onzekerheid van de leerling. De leraar moet dus haar eigen zekerheid als uitgangspunt loslaten. Dat moet de leraar durven.

Uit onderzoek van Oosterheert, Vermunt en Veenstra (2002) bleek dat de meeste leraren-in-opleiding niet *vanzelf* kunnen gaan lesgeven, maar dat lesgeven geleerd moet worden. Net zoals de kennisconstructieprocessen van leerlingen de aandacht moeten krijgen, moeten de kennisconstructieprocessen van leraren-in-opleiding de aandacht krijgen. Het bleek dat voor een leraar-in-opleiding de actuele manier van leren gerelateerd is aan individuele verschillen in lesgeven. Sommige studenten zullen, om de opleidingsdoelen te bereiken, zelfs moeten leren anders te leren, aldus Oosterheert *et al.* In paragraaf 4.9.3 heb ik aangetoond dat voorbeeldgestuurd onderwijs met behulp van het stappenplan aansluit bij de grote diversiteit aan leerstijlen en daarbij sturend optreedt om te komen tot een betekenisvolle manier van leren. Binnen de drielagen-structuur helpt het stappenplan de individuele student (onderste laag) de leerstijlen (de middelste laag) bij te sturen om te leren (de bovenste laag). Analooch werkt het stappenplan van voorbeeldgestuurd onderwijs de individuele leraar (onderste laag) de manieren van lesgeven te leren (middelste laag) om goed les te geven (bovenste laag). De drielagen-structuur kan gebruikt worden bij elk soort leren, dus ook bij leren lesgeven. Bij het bespreken van het stappenplan van de lesmethode in hoofdstuk 4 heb ik aangetoond dat de leermethode de leerling zelfvertrouwen geeft en daardoor leerlingen met een diversiteit aan leerstijlen stuurt naar de betekenisvolle leerstijl. Analooch geeft het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven de leraar het zelfvertrouwen om uit te gaan van zijn eigen onzekerheid en dus bij het lesgeven uit te gaan van de inductieve denktrant.

Door het houvast van het stappenplan van voorbeeldgestuurd onderwijs durft de leraar, door acceptatie van de eigen onzekerheid, de anti-didactische inversie toe te passen bij het lesgeven. Daardoor ontplooit de leraar didactische en pedagogische activiteiten die voldoen aan de aanbevolen TVS-karakteristieken, waardoor de kwaliteit van didactisch handelen toeneemt. Dat het uitvoeren van het stappenplan ook de orde in de klas doet toenemen, bespreek ik in de volgende subparagraaf.

6.5.3 Ordeverstoringen ombuigen naar spontaan leren

De kwaliteit van lesgeven wordt vaak afgemeten aan de mate waarin de docent orde heeft. Boekaerts (1991b) stelde dat leren in klassenverband veel te lang werd gezien als een kennisoverdrachtproces, waardoor het gedragsveranderingaspect op de achtergrond bleef. Docenten gingen er stilzwijgend van uit dat de leerlingen gedragscontrole-technieken beheersten, zoals dat leerlingen zichzelf kunnen motiveren, hun inzet bewaken, hun leerresultaten attribueren aan de juiste oor-

zaken, zichzelf belonen of berispen, sociale steun verwerven, enzovoort. Dit is echter niet het geval. Een aantal positieve resultaten van gecombineerde trainingsprogramma's, waarin zowel de cognitieve als de sociaal-emotionele aspecten van het leerproces worden betrokken wil ik hier bespreken. Borkowski en Krause (1985), Schunk (1990), en Vauras en Lehtinen (1991) lieten duidelijk zien dat wanneer trainingsprogramma's zo worden opgezet dat gelijktijdig aandacht wordt besteed aan het aanleren, bewaken en controleren van oplossingsstrategieën (metacognitieve vaardigheden) en het bewaken van motivatie, leerlingen meer gemotiveerd en vooral vaardiger worden in het probleemoplossen. Als baby waren de leerlingen experts in het spontane leren. Deze capaciteit neemt later af omdat kinderen *leren* gelijkstellen aan *begeleid leren*. Hoe meer leerlingen erin slagen spontaan te blijven leren, des te beter het is.

Bij traditioneel klassikaal onderwijs verwacht de docent bij een goed voorbereide les binnen een gegeven tijd een bepaalde hoeveelheid leerstof te behandelen. De docent wil dit doen met behulp van een goede lesopbouw en bordgebruik. De lesstof wordt dan voor de leerlingen overzichtelijk gebracht en komt daardoor ook overzichtelijk in hun schriften. De lijn van het betoog zoals de docent die heeft voorbereid, wordt verstoord door spontane reacties van leerlingen. Zij gaat uit van kennis die zeker is en van tevoren vastligt: de deductieve manier van lesgeven. Voorbeeldgestuurd onderwijs maakt daarentegen gebruik van de inductieve denktrant van lesgeven door te starten met voorbeelden uit het dagelijks leven die de leerlingen begrijpen. De spontane associaties van leerlingen vormen daarbij een wezenlijk onderdeel van de les en de zelfgeproduceerde voorbeelden worden bediscussieerd op overeenkomsten en verschillen. De houding van de leraar verandert dus van 'frontaal auditief lesgeven van de geheel vastliggende les waarbij orde moet worden gehouden' naar het 'geven van voorbeelden uit de praktijk en het bespreken van de spontane reacties en voorbeelden die de leerlingen aandragen'. De reacties worden bij voorbeeldgestuurd lesgeven dus niet ervaren als ordeverstoringen, maar als onderdeel van spontaan leren door de leerlingen. Dit verhoogt het competentiegevoel van de leraar. Volgens Roelofs en Houtveen (1999; zie 6.4.1) is het competentiegevoel de belangrijkste factor om de aanbevolen didactische activiteiten te ontplooiën en de kwaliteit te verhogen.

Bij voorbeeldgestuurd onderwijs vormen spontane reacties van de leerlingen een wezenlijk onderdeel van de methode en worden daardoor niet als ordeverstoringen ervaren. Dit verhoogt het competentiegevoel van de leraar, waardoor de kwaliteit van het pedagogisch en didactisch handelen toeneemt. Voorbeeldgestuurd onderwijs is dus een prima klassikaal te gebruiken lesmethode. In de volgende paragraaf vergelijk ik voorbeeldgestuurd onderwijs met een nieuwe vorm van leren die geen gebruik maakt van klassikaal onderwijs.

6.6 Overzicht van probleemgestuurd onderwijs (PGO)

In het huidige onderwijs zijn er verschillende vormen van nieuw leren ontstaan (AWT, 2002), zoals competentiegericht onderwijs, projectgericht onderwijs en probleemgestuurd onderwijs. Deze vormen van nieuw leren hebben als kenmerk

de omkering die plaatsvindt van docentgestuurd naar vraaggestuurd leren. Daardoor laten deze vormen van onderwijs de klassikale lessituatie los. Deze vormen van het nieuwe leren wil ik graag vergelijken met voorbeeldgestuurd onderwijs dat wel te gebruiken is in de klassikale lessituatie. Door de overeenkomst van de uitvoering in *sprongen* van probleemgestuurd onderwijs en de *stappen* van voorbeeldgestuurd onderwijs vergelijk ik in de komende paragrafen deze beide onderwijsvormen. Eerst bespreek ik in 6.6.1 de historie van probleemgestuurd onderwijs, daarna in 6.6.2 de uitgangspunten en vervolgens in 6.6.3 de praktijk.

6.6.1 Historie van probleemgestuurd onderwijs

Bij probleemgestuurd onderwijs is het startpunt van het leren een *probleem*. Dat is niets nieuws als je naar de historie van onderwijskunde kijkt. Zo'n 400 jaar voor Christus gebruikte Socrates bij het onderwijs al de dialoog. In het begin van de negentiende eeuw schreef Marcet (1809) een leerboek waarin de toenmalige scheikunde systematisch werd behandeld in 26 *conversations*. Deze conversations werden gevoerd tussen een mooie elegante dame Mrs. B en twee meisjes van 12 en 13 jaar: Emily, leergierig en intelligent en Caroline, lastig en brutaal. Dit leerboek was een succes in Engeland en Amerika (Offereins, 1996). In het begin van de twintigste eeuw stelde de Amerikaanse onderwijskundige Dewey (1902, 1929) in zijn onderwijstheorie de praktische bruikbaarheid van het geleerde voorop. Dewey ontwikkelde een *projectgestuurd curriculum* waarbij de intrinsieke motivatie van de leerling werd verhoogd door constructieve activiteiten. Zijn uitgangspunt was, dat zonder intrinsieke motivatie geen betekenisvol leren zou kunnen plaatsvinden. Het curriculum moest leerling-gericht zijn, waarbij leraren leerlingen niet moesten onderwerpen maar moesten onderwijzen.

Halverwege de twintigste eeuw was Bruner (1961, 1966) de initiator van *ontdekkend leren* in het onderwijs. Ontdekkend leren confronteert studenten met problemen, die ze vervolgens trachten op te lossen door middel van discussie met leeftijdsgenoten. Volgens Bruner (1961) leidt ontdekkend leren tot een dieper inzicht in de werkelijkheid, geeft het de gelegenheid cognitieve vaardigheden te oefenen, bevordert het de intrinsieke motivatie tot leren en stimuleert het leren van informatie die betekenisvol is en daardoor beter wordt onthouden.

In 1972 verscheen het boek 'Freedom to learn' van de psychotherapeut Rogers, waarin *studentgericht leren* centraal werd gesteld. In het begin was de probleemgerichte aanpak vooral bedoeld om de intrinsieke motivatie te verhogen van de medische studenten (Barrows, 1971), maar later pleitte de onderwijsvernieuwer Barrows (1980) ervoor, met deze aanpak niet alleen kennis te vergaren maar ook te leren redeneren en problemen op te lossen. Met dit studentgericht leren als uitgangspunt, voerde de McMaster Universiteit een radicale onderwijskundige vernieuwing door (Mustard *et al.*, 1982). Kenmerkend voor het onderwijs op McMaster was het werken in kleine groepen, een sterke nadruk op zelfwerkzaamheid, een leven lang leren, het gebruik van talrijke informatiebronnen en samenhangende vakinhoud. Een aanvankelijke theorie, tot

stand gekomen op basis van de bestaande kennis van de studenten, werd getoetst aan de bestaande literatuur en gaandeweg werden de originele opvattingen herzien. De aandacht verschoof op deze manier van het 'leren van de inhoud' naar het 'proces van informatieverwerking'. Aan de hand van probleemgestuurd leren vond een *theorieconstructie* plaats op de manier zoals een wetenschappelijk onderzoeker leert.

6.6.2 Processen van probleemgestuurd onderwijs

De uitgangspunten van probleemgestuurd onderwijs zijn gebaseerd op twee in het onderwijs signaleerde problemen (Schmidt en Moust, 1998). Het eerste probleem is dat de dominante onderwijsaanpak - de les, het college - in allerlei opzichten niet goed aansluit bij de individuele talenten en behoeften van studenten. De veronderstelling is dat dit komt omdat de studenten te weinig actief en persoonlijk betrokken zijn bij wat ze leren. Vandaar dat probleemgestuurd onderwijs de nadruk legt op werken in kleine groepen, waarbij iedere student verantwoordelijk is voor zijn eigen leren en voor het gebruik van gevarieerde leermiddelen. Het tweede signaleerde probleem is, dat studenten niet goed in staat zijn om de geleerde kennis daadwerkelijk toe te passen waar en wanneer dat nodig is. Dit fenomeen wordt wel de *competentie-prestatie-paradox* genoemd: mensen beschikken wel over de competenties of bekwaamheden, maar zijn niet in staat deze te demonstreren als ze een relevante taak moeten uitvoeren. Dit zou komen omdat ze te weinig gelegenheid krijgen hun kennis toe te passen op levensechte situaties.

Op grond van bovenstaande signaleerde problemen heeft probleemgestuurd onderwijs tot doel de volgende cognitieve processen in studenten teweeg te brengen (Schmidt en Moust, 1998).

- Activeren van voorkennis. De analyse van een probleem stimuleert het terughalen van reeds eerder geleerde kennis. Voorkennis vergemakkelijkt het begrijpen van nieuwe informatie.
- Elaboratie van voorkennis. Door de discussie in de onderwijsgroep, zowel voorafgaand aan de opname van de nieuwe kennis, als nadat de nieuwe kennis is verworven, bewerken de studenten de nieuwe informatie actief. De elaboratie van voorkennis verrijkt de semantische kennisstructuren die verder ontwikkeld worden. Dit vergemakkelijkt het terughalen van kennis op een later tijdstip.
- Herstructurering van kennis. Constructie van een adequate theorie in de vorm van een rijk semantisch netwerk, zodat die past op het probleem dat gepresenteerd wordt, waardoor herstructurering van kennis plaatsvindt.
- Leren in een context. Het probleem fungeert als een raamwerk voor het ontstaan van terugzoekpaden in het geheugen, die het terughalen van relevante kennis ondersteunen wanneer dit noodzakelijk is voor het oplossen van gelijksoortige problemen.
- Studenten nemen de onderwerpen die ze moeten bestuderen als relevant waar.

- Verhogen van de intrinsieke motivatie. Aangezien de studenten zelf verantwoordelijk zijn voor wat ze leren en hoe ze dat doen, neemt de intrinsieke motivatie toe. De intrinsieke motivatie wordt eveneens bevorderd door de discussie over de problemen, omdat studenten zich daardoor bewust worden van het gat tussen wat ze weten en wat ze zouden moeten weten.

6.6.3 *Praktijk van probleemgestuurd onderwijs*

In Nederland heeft vooral de Universiteit Maastricht praktijkervaring met probleemgestuurd onderwijs. Probleemgestuurd onderwijs is sinds 1974 het kenmerk, eerst van de Medische Faculteit en later van de hele Universiteit Maastricht. Bij de Universiteit Maastricht wordt het onderwijs in blokken van een week of 6 ingedeeld. Tijdens deze weken komt een onderwijsgroep, die bestaat uit 10 studenten en een tutor, tweemaal twee uur per week samen om de problemen te bespreken die gebundeld zijn in een blokboek. In iedere onderwijsgroepsbijeenkomst worden twee activiteiten ondernomen: de analyse van nieuwe problemen en de uitwisseling van informatie die de studenten door zelfstudie verworven hebben. De bijeenkomsten worden geleid door een studentengespreksleider. De rol van gespreksleider wordt door alle studenten bij toerbeurt vervuld.

De aard van de discussie die de studenten voeren, kan worden omschreven als theorieconstructie. Dit lijkt op de manier waarop wetenschappelijke onderzoekers een probleem trachten te begrijpen. De studenten produceren hypothesen die het probleem trachten te verklaren. Wanneer de studenten over het probleem discussiëren, bouwen ze een mentaal model op van de beschreven situatie. Dit is een proces van kennisconstructie. Ogenscheinlijk lijkt het een chaotische situatie, maar de studenten bespreken een probleem op systematische wijze met behulp van een specifieke procedure die de zevensprong wordt genoemd. In de volgende paragraaf vergelijk ik de zeven sprongen van probleemgestuurd onderwijs met het stappenplan van voorbeeldgestuurd onderwijs.

6.7 **Overeenkomsten tussen voorbeeldgestuurd onderwijs en PGO**

De zeven sprongen van probleemgestuurd onderwijs zijn:

- 6.7.1 Sprong 1: verhelder onduidelijke begrippen,
- 6.7.2 Sprong 2: definieer het probleem,
- 6.7.3 Sprong 3: analyseer het probleem,
- 6.7.4 Sprong 4: diep samenhangende ideeën systematisch uit,
- 6.7.5 Sprong 5: formuleer leerdoelen,
- 6.7.6 Sprong 6: bestudeer zelfstandig de stof,
- 6.7.7 Sprong 7: rapporteer en integreer de nieuwe informatie.

In iedere subparagraaf leg ik eerst een sprong van het probleemgestuurd onderwijs uit. Daarna bezie ik de stap van voorbeeldgestuurd lesgeven aan de hand van het

voorbeeld van de wet van Ohm, en vervolgens vergelijk ik de sprong met de overeenkomstige stap van voorbeeldgestuurd lesgeven. De verschillen tussen probleemgestuurd onderwijs en voorbeeldgestuurd onderwijs komen in de volgende paragraaf aan de orde.

6.7.1 *Sprong 1: verhelder onduidelijke begrippen*

Sprong 1 van probleemgestuurd onderwijs is het verhelderen van termen en begrippen. De onduidelijke termen en begrippen van het probleem moeten aan het eind van deze sprong voor alle leden van de groep helder zijn. Zo nodig moeten de verschillende gebeurtenissen die in het probleem worden beschreven in kaart worden gebracht.

In het voorbeeld van de wet van Ohm moeten bij stap 1 van voorbeeldgestuurd lesgeven de gebruikte begrippen worden genoemd en eventueel verduidelijkt. De belangrijke grootheden worden weergegeven met hun afkorting en met de eenheid waarin ze worden uitgedrukt. Het gaat bij de wet van Ohm over de spanning, afgekort met een U en uitgedrukt in Volt; de stroomsterkte I in Ampère en de weerstand R in Ohm. Zonodig kan het plaatsen van de spanningsmeter en stroomsterktemeter in de stroomkring worden uitgelegd. De spanningsmeter geeft het verschil in spanning over de polen van de spanningsbron en de stroomsterktemeter meet de stroom die door de stroomkring loopt.

Bij stap 1 van voorbeeldgestuurd onderwijs moeten de feiten uit de onderste laag van informatieoverdracht worden genoemd en beschreven. Hiermee ligt het gebied van de werkelijkheid dat beschouwd wordt vast, het *Universe of Discourse*. Stap 1 van voorbeeldgestuurd lesgeven komt overeen met de sprong 1 van probleemgestuurd onderwijs: verhelder de termen en de begrippen.

6.7.2 *Sprong 2: definieer het probleem*

Sprong 2 van probleemgestuurd onderwijs is het definiëren van het probleem. De vraag staat centraal welke verschijnselen verklaard moeten worden in het beschreven probleem.

Bij de behandeling van de wet van Ohm worden bij stap 2 van voorbeeldgestuurd lesgeven voorbeelden verzameld. Bij het eerste voorbeeld sluiten we het lampje aan op de batterij en meten de spanning en de stroom. Daarna nemen we nog zo'n lampje en plaatsen dat ook in de stroomkring. Deze proef kunnen we herhalen met twee batterijen. We hebben nu een aantal verschillende meetresultaten en plaatsen dit in een duidelijk overzicht op het bord.

Bij stap 2 van voorbeeldgestuurd lesgeven worden binnen het *Universe of Discourse* de voorbeelden beschreven. Deze stap is te vergelijken met de sprong 2 van probleemgestuurd onderwijs: definieer het probleem.

6.7.3 Sprong 3: analyseer het probleem

Sprong 3 van probleemgestuurd onderwijs is het analyseren van het probleem. Van de leden van de onderwijsgroep worden alle ideeën die een verklaring kunnen geven voor de verschijnselen kort en krachtig geïnventariseerd. De studenten analyseren welke ideeën en veronderstellingen zij hebben over het probleem. Het doel van deze sprong is het activeren van voorkennis. De ideeën die tijdens deze *brainstorm* naar voren komen, noteert een van de studenten op het bord.

Bij het voorbeeld van de wet van Ohm worden bij stap 3 van voorbeeldgestuurd lesgeven de verzamelde voorbeelden in het overzicht vergeleken. De leerlingen vergelijken de meetresultaten op overeenkomsten en verschillen om de regelmaat zelf te vinden. Bij het zoeken naar de regelmaat worden tijdens een discussie de overeenkomsten en de verschillen besproken, om duidelijk naar voren te laten komen dat de resultaten van de voorbeelden voldoen aan hun verwachting.

Bij stap 3 van voorbeeldgestuurd lesgeven worden de voorbeelden bekeken, de verschijnselen besproken en de essentie genoteerd. Dat komt overeen met sprong 3 van probleemgestuurd onderwijs: analyseer door de verschijnselen van het probleem te inventariseren en te verklaren.

6.7.4 Sprong 4: diep samenhangende ideeën systematisch uit.

Sprong 4 van probleemgestuurd onderwijs is het clusteren van samenhangende ideeën om deze vervolgens systematisch uit te diepen. Dat gebeurt op basis van wat studenten uit de voorkennis weten of menen te kunnen verklaren uit de verschijnselen of gebeurtenissen.

Bij het voorbeeld van de wet van Ohm wordt in stap 4 van voorbeeldgestuurd lesgeven de gevonden regelmaat van de overeenkomsten en de verschillen van de meetresultaten als grote lijnen weergegeven. In de natuurkunde is het gebruikelijk de grote lijn op te schrijven in formulevorm. Tijdens het zoeken van de regelmaat door het vergelijken van de meetresultaten wordt nadrukkelijk nagegaan dat de veranderingen in het voorbeeld niet verrassend zijn, maar logisch. Zelfs bij zo'n eenvoudige wet als de wet van Ohm zal menige leerling toch moeite hebben zich er een mentale voorstelling van te maken. Indien de leerlingen de regelmaat zelf niet gemakkelijk onder woorden kunnen brengen, is het wellicht voor hen een goede hint om de resultaten op het bord aan te vullen met een kolom waarin de uitkomst van de te vinden formule staat. De regelmaat kan daarmee, ook als deze minder voor de hand ligt, door de leerling zelf worden gevonden.

Bij stap 4 van voorbeeldgestuurd lesgeven wordt de regelmaat van de voorbeelden door de leerling dus als grote lijnen weergegeven. De regelmaat geeft de samenhangende ideeën van de verzamelde voorbeelden weer. Stap 4 van voorbeeldgestuurd lesgeven is derhalve te vergelijken met de sprong 4 van probleemgestuurd onderwijs: werk samenhangende ideeën systematisch uit.

6.7.5 *Sprong 5: formuleer leerdoelen.*

Sprong 5 van probleemgestuurd onderwijs is het formuleren van leerdoelen. Leerdoelen zijn vragen die na de discussie in de onderwijsgroep onbeantwoord zijn gebleven en nadere studie vereisen. De bedoeling hierbij is dat de groep afspraken maakt over wat ieder voor zich voor de volgende bijeenkomst gaan bestuderen, door te bepalen wat ze wel en niet weten of wat tegenstrijdig blijkt te zijn.

Bij het voorbeeld van de wet van Ohm moeten in stap 5 van voorbeeldgestuurd lesgeven meerdere relevante voorbeelden gegeven worden. Een tweede voorbeeld, de gevonden grote lijn van de wet van Ohm bij gelijke spanning uit het stopcontact zoals de leerling thuis ervaart, is zeker op zijn plaats om te toetsen of die ook aan de gevonden grote lijn voldoet. Dat leidt uiteindelijk tot vertrouwen in de juistheid van de gevonden grote lijn, de formule: $U = I \times R$. Deze formule is handig bij de opgaven die gemaakt gaan worden, vandaar dat je hem uit je hoofd zou kunnen leren. Maar nodig is dat niet, want als je logisch nadenkt, kun je de formule zo weer bedenken. De docent geeft de gevonden formule ongetwijfeld op als huiswerk om voor de volgende les te bestuderen en zal deze dus zien als leerdoel.

Stap 5 bij voorbeeldgestuurd lesgeven geeft als leerdoelen de grote lijnen van de informatie. Stap 5 is te vergelijken met sprong 5 van probleemgestuurd onderwijs: het formuleren van leerdoelen. Het verschil, dat bij probleemgestuurd onderwijs de studenten zelf de leerdoelen bepalen en bij voorbeeldgestuurd onderwijs de leraar, bespreek ik in 6.8.

6.7.6 *Sprong 6: bestudeer zelfstandig de stof*

Sprong 6 bij probleemgestuurd onderwijs is zelfstudie. Tijdens zelfstudie zoekt iedere student de afgesproken aanvullende informatie over de geformuleerde leerdoelen.

In stap 6 van voorbeeldgestuurd onderwijs worden de overeenkomsten en verschillen van alle voorbeelden besproken die voldoen aan de grote lijn. In de eerste voorbeelden ging de stroom door beide lampjes na elkaar en gold de wet van Ohm. In het tweede voorbeeld kon de stroom kiezen tussen of door de ene lamp te gaan of door de andere lamp. De lampen waren niet achter elkaar geschakeld, maar parallel, naast elkaar. Ook nu bleek de wet van Ohm te gelden. In de eerste overeenkomende voorbeelden en in de tweede verschillende voorbeelden geldt de wet van Ohm. Daarnaast kunnen tijdens deze stap nog overeenkomsten en verschillen gezocht worden van andere stromen, zoals een stroom mensen die door een deur naar buiten willen. Indien de stroom mensen door twee deuren achter elkaar moet of door twee deuren naast elkaar, geeft dit een volstrekt ander beeld. Tijdens de verduidelijkingsdialoog aan de hand van

voorbeelden uit het dagelijks leven wordt de lesstof rond het leerdoel aanvullend bestudeerd.

Bij stap 6 van voorbeeldgestuurd lesgeven wordt gekeken naar de overeenkomsten en verschillen van de voorbeelden op de geformuleerde grote lijn. Alle mogelijke veronderstellingen binnen de randvoorwaarden, waaronder de formules wel en niet geldt, worden bekeken en tevens wordt naar aanvullende voorbeelden gezocht uit het dagelijks leven. Stap 6 is ten dele te vergelijken met de sprong 6 van probleemgestuurd onderwijs: studie waarbij tegenstrijdigheden moeten worden opgezocht. Dat tijdens deze sprong ook door zelfstudie eventuele nieuwe informatie wordt opgezocht, is een verschil dat ik, zoals aangekondigd, bespreek in de volgende paragraaf 6.8.

6.7.7 Sprong 7: rapporteer en integreer de nieuwe informatie.

Sprong 7 van probleemgestuurd onderwijs is het rapporteren en integreren van de nieuwe informatie. Met de groep wordt besproken wat iedere student tijdens de zelfstudie gevonden heeft. Hoofd- en bijzaken worden onderscheiden en structuur wordt aangebracht in de informatie. De nieuw verworven kennis moet worden toegepast op het probleem om te kijken of je nu beter in staat bent de verschijnselen te verklaren. Tijdens deze rapportage vindt een synthese van het geleerde plaats en wordt het geleerde toegepast op de situatie zoals beschreven in het probleem.

Bij het voorbeeld van de wet van Ohm van stap 7 van voorbeeldgestuurd lesgeven wordt de essentie van de nieuwe formule getoetst aan de al bestaande kennis die de leerling heeft. De leerlingen worden gestimuleerd om met voorbeelden van hun eigen ervaring te komen uit een ander kennisveld, waarvan de werking dezelfde is als van de gevonden formule. Een goed voorbeeld is de wet van Thante. Bij de wet van Thante werd elektrische stroom vergeleken met een stroom kusjes. Voorbeelden uit het dagelijks leven waarvan de leerling de essentie prima begrijpt.

Bij stap 7 van voorbeeldgestuurd onderwijs wordt datgene wat op het bord werd opgeschreven, overgenomen in het schrift van de leerling. Verder wordt de essentie van de nieuwe formule getoetst aan de ervaring door het vinden van voorbeelden met dezelfde samenhang van de grote lijn uit een ander kennisveld. Dit komt overeen met sprong 7 van probleemgestuurd onderwijs: het rapporteren en integreren van nieuwe informatie.

6.8 Verschillen tussen voorbeeldgestuurd onderwijs en PGO

In de vorige paragraaf heb ik de overeenkomsten tussen probleemgestuurd onderwijs en voorbeeldgestuurd onderwijs vergeleken. In deze paragraaf bespreek ik de verschillen. Ik doe dit aan de hand van vier inzichten die onderzoek op het

gebied van leren heeft opgeleverd en die besproken worden in 'Probleemgestuurd onderwijs: mythes en merites' (Dolmans *et al.*, 1999). Die inzichten zijn achtereenvolgens: (1) leren is een constructief proces, (2) bij het verwerven van nieuwe informatie wordt ook contextinformatie opgeslagen, (3) intrinsieke motivatie heeft een positieve invloed op de leerprestaties, en (4) metacognitieve processen vinden plaats tijdens het leren. Ieder inzicht bespreek ik in een aparte subparagraaf.

6.8.1 *Leren als constructief proces*

Het eerste inzicht uit het onderzoek naar leerprocessen is, dat leren een constructief proces is (Glaser, 1991). Zowel de 7-sprong van probleemgestuurd onderwijs als het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven gaat uit van leren als een constructief proces bij de leerling. De organisatie is echter volstrekt anders.

Probleemgestuurd onderwijs wordt gekenmerkt door een onderwijsorganisatie met een centrale sturing. Het vereist (1) een strakke regelgeving, planning en coördinatie, (2) een centrale besluitvorming, (3) duidelijk omschreven rollen en functies en (4) een beperkte autonomie van de individuele docent (Dolmans, Wolfhagen en Scherpier, 1996). Dit is nodig om het leerproces en de leeromgeving op elkaar af te stemmen en om het programma modelmatig en planmatig vorm te geven. Voor het leerproces ligt door het uitvoeren van de 7-sprong sterk de nadruk op actieve en zelfstandige verwerking door de student. Het startpunt bij probleemgestuurd onderwijs is het probleem, zoals beschreven staat in het blokboek. Het blokboek is vooraf door een team van docenten samengesteld. Goed probleemgestuurd onderwijs staat of valt bij de keuze en het ontwikkelen van deze problemen. Het onderwijs vindt plaats tijdens de bijeenkomsten van de onderwijsgroepen waarbij de 7-sprong wordt gehanteerd. Bij een goede uitwerking van de 7-sprong leren de studenten zelfstandig de nieuwe lesstof, van elkaar en door het zelf uitzoeken. De groep wordt begeleid door een tutor die zonodig bij moet sturen, zodat er niet te veel van de sprongen wordt afgeweken. Bij probleemgestuurd onderwijs worden de leerdoelen niet gedetailleerd aan de studenten voorgeschreven, maar moeten de studenten hun leerdoelen zelf formuleren. De studenten moeten zich de beoogde leerdoelen geheel zelfstandig eigen maken, met als leidraad het blokboek.

Bij voorbeeldgestuurd lesgeven wordt uitgegaan van klassikaal lesgeven. De duur van het lesgeven kan wisselen: het kan een hoorcollege zijn van anderhalf uur, een presentatie van drie kwartier of een korte uitleg van tien minuten. De docent moet de resultaten van de voorbeelden systematisch weergeven (stap 3), zodat de studenten zelf de grote lijnen kunnen vinden (stap 4). De docent geeft extra voorbeelden uit de ervaringswereld van de studenten (stap 5), waarna een discussie volgt over overeenkomsten en verschillen van de voorbeelden met de grote lijnen (stap 6). De studenten zelf kunnen ook met eigen ervaringen komen en bij de docent verifiëren of die voorbeelden inderdaad de essentie weergeven (stap 7). De keuze van de docent van de voorbeelden waarmee de les begint, is belangrijk voor het welslagen van de les, analoog aan de keuze van de problemen bij probleemgestuurd onderwijs. De docent stuurt op belangrijke wijze het

leerproces van de leerling om de door de docent beoogde leerdoelen te bereiken. Tijdens de uitvoering van de les kan de docent accenten leggen, misconcepties verwijderen en onduidelijkheden aangeven, om de essentie van de les goed te laten overkomen. Het leerproces van de leerling wordt versterkt als, na het klassikale gedeelte van de les, de leerling aan de hand van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren de juist behandelde lesstof uit het leerboek analyseert.

Bij probleemgestuurd onderwijs wordt er nauwelijks klassikaal lesgegeven. Indien dit wel het geval is, dan is het de bedoeling dat er een bewuste keuze voor het geven van een college wordt gemaakt, bijvoorbeeld door een deskundige die het belang van een bepaald thema voor de opleiding belicht (Snellen-Balendong en Dolmans, 1999). "Andere motieven voor het geven van colleges zijn het bespreken van moeilijke onderwerpen, corrigeren van misconcepties, stimuleren van interesses, concretiseren van de leerstof, presenteren van een overzicht of demonstreren van probleemoplossen" (Dolmans *et al.*, 1999). Indien moeilijke abstracte nieuwe zaken moeten worden overgebracht is dus docentgestuurd onderwijs aan te bevelen. Een ander verschil is, dat bij probleemgestuurd onderwijs de student de leerdoelen formuleert. Door de studenten zelf geformuleerde leerdoelen blijken bij probleemgestuurd onderwijs in sterke mate overeen te komen met de door de docent beoogde doelen (Dolmans *et al.*, 1993). Bij voorbeeldgestuurd onderwijs kan juist de docent tijdens het leerproces de diepgang en de te bereiken leerdoelen bewaken. In een klassikale lessituatie kan dus bij voorbeeldgestuurd onderwijs moeilijke abstracte kennis worden overgebracht waarbij de diepgang door de leraar wordt bewaakt.

6.8.2 *Leren in de context*

Een tweede inzicht dat uit onderzoek over leren naar voren komt, is dat bij het verwerven van nieuwe informatie ook contextinformatie wordt opgeslagen. De kennis dient toegepast te worden in verschillende concrete situaties (Vermunt, 1992), waardoor de student in staat is het geleerde flexibel te gebruiken. Het leren in de context is bij probleemgestuurd onderwijs en bij voorbeeldgestuurd onderwijs duidelijk aanwezig. Met contextueel leren wordt bedoeld, dat de student of leerling een relevante context wordt aangeboden waarop het geleerde wordt toegepast. Het vinden van de nieuwe informatie in de context rond het probleem of voorbeeld verloopt bij probleemgestuurd onderwijs en voorbeeldgestuurd onderwijs echter geheel verschillend.

Bij probleemgestuurd onderwijs vindt tijdens de brainstormsprong een uitwisseling plaats van ideeën tussen de leden van de onderwijsgroep onderling. Daarbij beslissen ze samen welke nieuwe stof ze moeten bestuderen en welke problemen ze moeten uitzoeken tijdens de zelfstudiesprong. De zelfstudie voert iedere student zelfstandig uit met behulp van zelfgekozen bronnen en hulpmiddelen. Daartoe is een lijst van hulpmiddelen in het blokboek opgenomen om de student te helpen een keuze te maken. Bij het zoeken naar uitleg van nieuwe stof, komt de student mogelijkerwijs andere onderwerpen tegen waarin deze geïnteresseerd is. Studenten zullen de zelfdiscipline op moeten brengen om

op zoek te gaan naar het antwoord op de vraag, maar ondertussen steken ze op een heel zelfstandige manier nieuwe stof op die wordt gelezen rond de vraagstelling.

Bij voorbeeldgestuurd lesgeven wordt het voorbeeld als inleiding van de nieuwe lesstof door de docent gegeven. De nieuwe stof wordt zo door de leraar aangedragen en niet door de leerling zelfstandig in hulpmiddelen opgezocht. De leerling mist daardoor ook de mogelijkheid nieuwe stof die rond het onderwerp liggen spontaan te lezen en daarvan kennis te nemen. Bij voorbeeldgestuurd onderwijs werkt de docent voorbeelden uit, die een beroep doen op voorkennis vanuit een bepaalde context. Na het formuleren van de grote lijnen wordt er tijdens de verduidelijkingsdialoog gezocht naar overeenkomsten en verschillen. Daarbij wordt de leerling gestimuleerd om associaties met andere voorbeelden uit te werken. Om de stof te koppelen aan de ervaring van de leerling vergelijkt de docent voorbeelden met analoge grote lijnen uit een andere context. Nadat de docent dit heeft gedaan, worden vervolgens de leerlingen aangemoedigd met eigen voorbeelden te komen en die te bediscussiëren op overeenkomsten en verschillen. Daardoor vindt transfer plaats vanuit voorbeelden uit een andere context, maar met dezelfde grote lijnen die de leerlingen begrepen hebben. Voorbeeldgestuurd onderwijs moedigt de studenten aan hun eigen (spontane) associaties bij de door de leraar aangedragen voorbeelden te toetsen aan de essentie van de nieuwe leerstof en de leraar te vragen of deze voorstelling juist is.

Bij probleemgestuurd onderwijs bestudeert de student zelfstandiger nieuwe leerstof dan bij voorbeeldgestuurd onderwijs. Bij voorbeeldgestuurd onderwijs kan de leraar door de keuze van voorbeelden de diepgang van de kennis bewaken en bevorderen. Tevens kan de leerling terstond bij de leraar verifiëren of de essentie van de nieuwe lesstof goed begrepen is om mogelijke misconcepties te voorkomen.

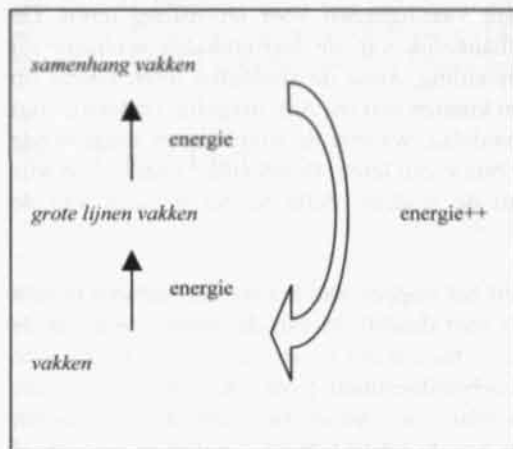
6.8.3 *Leren door intrinsieke motivatie*

Behalve de cognitieve verwerkingsprocessen van het leren die hiervoor besproken zijn, spelen bij het leren ook allerlei affectieve processen een rol, zoals motivatie. De intrinsieke motivatie heeft een positieve invloed op de interesse in de leerstof en daarmee op de tijd die eraan besteed wordt en daarmee op de leerprestaties (Schmidt, 1983).

Een optimaal gebruik maken van voorkennis is een uitgangspunt bij probleemgestuurd onderwijs. Bij de analysesprong worden overeenkomsten en verschillen in het probleem gezocht, die vervolgens geordend worden, waarna samenhangende ideeën worden uitgediept. Tijdens de discussie in de onderwijsgroep ontstaat zo *elaboratie* van voorkennis. Iedere student zal vooral uitweiden naar omliggende problemen die zij zelf interessant vindt en leert daardoor op stimulerende manier een heleboel over en rond de vraagstelling. Ieder groepslid komt bij een bepaald onderwerp met iets nieuws; op deze wijze wordt de voorkennis zo veel mogelijk gebruikt. Vaak zal de uitbreiding van de kennis rond het opgegeven probleem liggen, dus in hetzelfde kennisveld. Het zelf selecteren

van leermiddelen, bezorgt de student in het begin van de studie onzekerheid omtrent de omvang en diepgang van de zelfstudie. In het algemeen neemt de onzekerheid van de student omtrent de omvang en diepgang af, naarmate de student meer ervaring heeft met probleemgestuurd onderwijs, alhoewel er altijd sprake zal blijven van enige mate van onzekerheid (Dolmans *et al.*, 1999).

Voorbeeldgestuurd leren neemt juist deze onzekerheid van de leerling als uitgangspunt. Ten eerste door les te geven volgens de inductieve denktrant. Ten tweede worden leerlingen bij de verduidelijkingsdialoog gestimuleerd tot vergelijken met voorbeelden uit een ander kennisveld. Dit zullen voorbeelden zijn uit de ervaringswereld van de leerling, die de leerling zelf dan ook begrijpt. Om onmiddellijk te kunnen verifiëren of het door de leerling bedachte voorbeeld inderdaad de essentie van het nieuwe begrip weergeeft, is het een voordeel dat er een leraar aanwezig is. Dat geeft de leerling het zelfvertrouwen dat de grote lijn goed begrepen is en bezorgt haar een *kick* dat er iets nieuws is geleerd. Door het stimuleren van het gebruik van voorbeelden uit een ander kennisveld, levert voorbeeldgestuurd onderwijs de samenhang tussen de vakken. De ervaring uit het



Figuur 6.12: de drie lagen voor samenhangend onderwijs.

dagelijks leven van de leerling is uiteraard niet opgedeeld in vakken. De lesmethode gaat uit van een indeling in 3-trapswijsheid (zie figuur 6.12). Het onderwijsproces kunnen we indelen in *vakken*, de *grote lijnen van de vakken* en de *samenhang van de vakken*. Het hele proces van informatieoverdracht met behulp van de drielagenstructuur is daarbij nodig. De samenhang kan weer als voorbeeld dienen voor een nieuw te leren doelstelling. Het begrip van de samenhang is dus weer de basis, een voorbeeld, voor het volgende dat geleerd gaat

worden. Leerlingen ervaren dus voordeel van de energie die ze hebben gestoken in het leren van iets nieuws. Dat voelt als efficiënt leren. De voorbeeldgestuurde lesmethode stimuleert, dat voorbeelden uit een ander kennisveld de nieuwe leerstof verifiëren. Het gaat daarbij om voorbeelden uit de ervaring van de leerling die niets te maken hebben met vakken, waardoor de samenhang van de verschillende vakken wordt gewaarborgd. Dat geeft de leerlingen een sterke intrinsieke motivatie.

Zowel probleemgestuurd onderwijs als voorbeeldgestuurd onderwijs bevorderen door ontdekkend leren de intrinsieke motivatie, waardoor beter wordt onthouden. Probleemgestuurd onderwijs verhoogt de intrinsieke motivatie doordat studenten tijdens de zelfstudie rond het probleem voor henzelf interessante onderwerpen verder uitdiepen. Voorbeeldgestuurd onderwijs verhoogt de intrinsieke motivatie (1) doordat het uitgaat van de onzekerheid van de leerlingen die geverifieerd kan

worden bij een leraar en (2) door het gebruiken van eerder opgedane ervaringen door kennistransfer.

6.8.4 *Leren met behulp van metacognitieve processen*

Het vierde inzicht dat naar voren is gekomen uit onderzoek naar leren, beziet de wijze waarop de cognitieve en affectieve processen in het leren gestuurd worden. Metacognitieve processen blijken hierbij een belangrijke rol te spelen (Vermunt, 1992). Naarmate de student beter in staat is te reflecteren over het geleerde, te evalueren en te diagnosticeren, zal de student het geleerde beter begrijpen en ook beter kunnen toepassen.

Bij probleemgestuurd onderwijs is het uitgangspunt dat de student tijdens het uitvoeren van de 7-sprong zo effectief mogelijk leert. De studenten voeren de 7-sprong zelfstandig uit. Eventueel stuurt de aanwezige *tutor* in de onderwijsgroep het proces bij. Indien het onderwijs het leren van de student op deze wijze stimuleert, dan ontwikkelt de student vaardigheden voor *levenslang leren*. De studenten zijn niet langer alleen afhankelijk van de leerinhouden waarmee zij geconfronteerd worden tijdens de opleiding, maar de studenten leren vooral op welke wijze zij zichzelf leerstof eigen kunnen maken. Aan dergelijk onderwijs ligt het studieconcept *leren leren* ten grondslag, waarbij de studenten in toenemende mate zelf verantwoordelijk zijn voor hun eigen leren. Probleemgestuurd onderwijs gaat uit van de zelfstandigheid van de student. Zelfs in het bepalen van de leerdoelen.

Bij voorbeeldgestuurd onderwijs geeft het stappenplan het metacognitieve inzicht aan. Het voorbeeldgestuurd lesgeven gaat daarbij uit van de onzekerheid van de leerling, om van daaruit een leidraad te bieden om de abstracte grote lijnen af te leiden. Ook het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren gaat uit van concrete relevante voorbeelden. Het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren wordt uitgevoerd, waarbij eventuele vragen aan de leraar kunnen worden gesteld, en/of geverifieerd. Het aanleren van het stappenplan, met als uitgangspunt het bediscussiëren en daardoor leren vanuit voorbeelden, is dus bij uitstek geschikt voor de jongere leerling die onzekerder is dan een volwassen student. Het uitvoeren van het stappenplan leert de leerling zelfstandig de eigen onzekerheid te accepteren en grote lijnen vanuit de voorbeelden te ontdekken. Niet alleen in schoolse situaties, maar ook daarbuiten, voor de rest van het leven.

Probleemgestuurd onderwijs verwacht dat de student optimaal leert door zelfstandig te leren, waarbij de studenten zelf de leerdoelen formuleren. Deze vorm van onderwijs is dus uitstekend te gebruiken voor studenten die zelfstandig kunnen leren. Voorbeeldgestuurd onderwijs wil een stappenplan bieden waarmee de leerling *leert* zelfstandig te leren; het is dus geschikt voor de jongere onzekere leerling. Daarnaast biedt voorbeeldgestuurd lesgeven de leraar de mogelijkheid de diepgang van de leerdoelen te bewaken en te bevorderen. Ook is voorbeeldgestuurd lesgeven toepasbaar voor aanvullende colleges bij probleemgestuurd onderwijs. In het volgende hoofdstuk bespreek ik hoe voorbeeldgestuurd lesgeven in de praktijk wordt toegepast.

7 Voorbeeldgestuurd lesgeven in de praktijk

In dit hoofdstuk vergelijk ik traditioneel lesgeven met voorbeeldgestuurd lesgeven. In 7.1 presenteer ik de beoordeling van studenten van beide onderwijsvormen tijdens een pilotstudie. Vervolgens geef ik in 7.2 de resultaten van twee reeksen van voorbeeldgestuurd lesgeven. Het betreft verschillende hoorcolleges op het HBO. Bij de eerste reeks colleges beschrijf ik hoe een ervaren docent voorbeeldgestuurd lesgeven leert. Een groep van gemiddeld 24 studenten volgt deze collegereeks, waarvan 14 meisjes en 10 jongens. De beoordelingen van de meisjes en jongens van *hetzelfde* college blijken duidelijk te verschillen. In de tweede reeks colleges bespreek ik de stijging van de beoordeling van een groep van gemiddeld 38 studenten die enkel uit jongens bestond. In 7.3 presenteer ik tenslotte de beoordelingen van leerlingen voor traditioneel en voorbeeldgestuurd lesgeven bij het vak natuurkunde in twee HAVO-3 klassen. Ook daarbij blijkt een duidelijk verschil in de beoordeling tussen meisjes en jongens.

7.1 Een pilotstudie

Tijdens een pilotstudie heb ik een evaluatieformulier ontwikkeld met behulp waarvan de veranderingen in lesgeven te meten zijn. De pilotstudie vond plaats gedurende een half jaar tijdens mijn eigen colleges op de Hogere Informatica Op-leiding van Noordelijke Hogeschool Leeuwarden.

In 7.1.1 bespreek ik het evaluatieformulier dat ontwikkeld is om verschillen in lesgeven te kunnen meten op basis van beoordelingen van studenten. Daarna geef ik in 7.1.2 aan, hoe ik de resultaten van de ingevulde evaluatieformulieren zoveel mogelijk grafisch presenteer. Met behulp van deze presentatie vergelijk ik in 7.1.3 de beoordelingen van een zelfde college dat aan twee verschillende groepen studenten werd gegeven. Beide colleges leverden nagenoeg identieke resultaten op. Tenslotte presenteer ik in 7.1.4 de resultaten van twee colleges die op verschillende wijze aan twee verschillende groepen werd gegeven. Het verschil tussen de colleges bestond uit het beginnen met een metagrammaticaal voorbeeld in plaats van daarmee te eindigen, een essentieel uitgangspunt van voorbeeldgestuurd lesgeven.

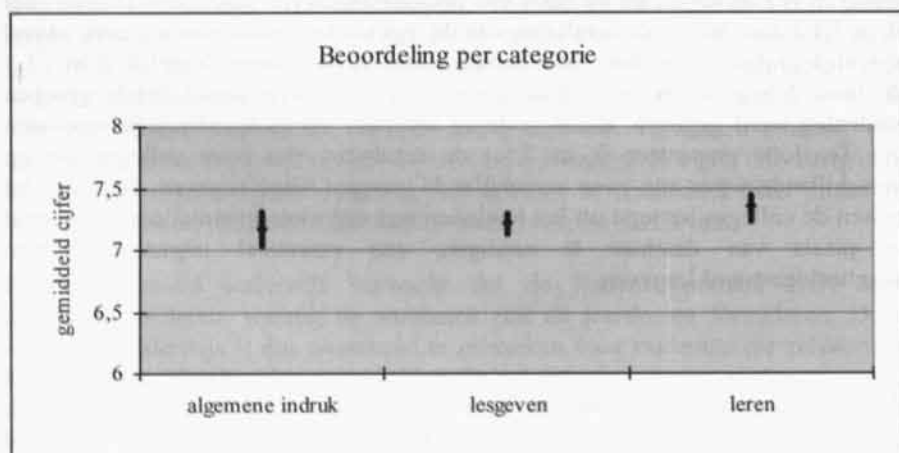
7.1.1 *Het gebruikte evaluatieformulier*

De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs neemt als vertrekpunt de onzekerheid van de student. Het evaluatieformulier vraagt dan ook naar de ervaring van de student op een manier die zo transparant mogelijk is en op geen

enkele wijze bedreigend. Na afloop van de colleges in het onderzoek vroeg ik de aanwezige studenten het evaluatieformulier individueel en anoniem in te vullen. Op het formulier waren het college en de datum al ingevuld. Het evaluatieformulier begon met een onderscheidende vraag: "ik ben een meisje / jongen". De volgende vraag van het evaluatieformulier luidde: "voor de algehele beoordeling van deze les geef ik het cijfer", waarna een cijfer met laagste waardering 1 tot hoogste waardering 10 kon worden ingevuld. Deze beoordeling geeft de algemene indruk van de les weer. Daarna volgde de vraag: "de drie belangrijkste punten die de docent in deze les wilde behandelen zijn:" (er werd een opsomming van drie zaken gevraagd) gevolgd door "met cijfer voor uitleg:". De beoordelingen geven de mening van de student weer over de manier van lesgeven door de docent. De laatste vraag luidde: "de drie belangrijkste zaken die ik in deze les geleerd heb zijn:" (opnieuw met opsomming voor drie zaken) "met een cijfer voor mijn begrip nu:". Deze cijfers geven een oordeel over het leren van de student zelf. Het evaluatieformulier werd afgesloten met een lege ruimte voor eventuele opmerkingen. Alle vragen samen pasten precies op één A4-velletje. Het gebruikte evaluatieformulier staat in Appendix A.

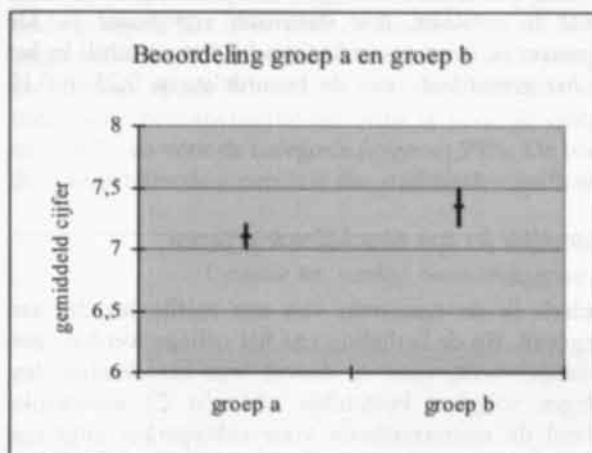
7.1.2 De manier waarop de resultaten worden gepresenteerd

De presentatie van de resultaten vloeit voort uit de gestelde vragen. Op het evaluatieformulier werden over drie categorieën cijfers gevraagd: (1) de *algemene indruk* van het college, (2) het *lesgeven* van de docent en (3) het *leren* van de student. Per categorie werden de cijfers over een hele groep gemiddeld. Van het gemiddelde werd de standaarddeviatie bepaald, met behulp waarvan de betrouwbaarheid van de metingen werd berekend. Bij iedere grafische weergave is hetzelfde betrouwbaarheidsinterval genomen van 70%, om de resultaten van de verschillende colleges te kunnen vergelijken. Dit wil zeggen dat 70% van de

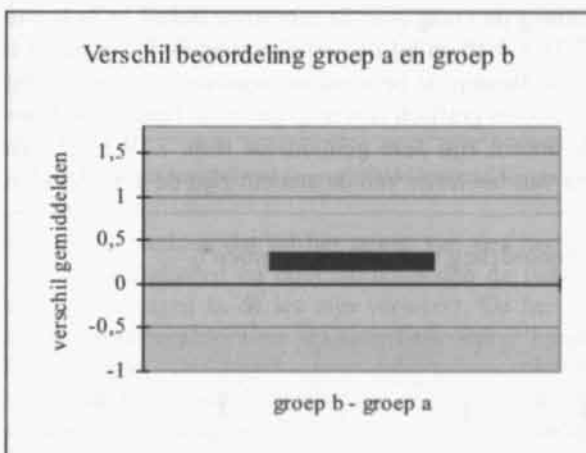


Figuur 7.1: de presentatie van de gemiddelde cijfers met het betrouwbaarheidsinterval in de drie verschillende categorieën algemene indruk, lesgeven en leren.

gegeven cijfers in het aangegeven interval liggen rond de gemiddelde waarde. In de grafische presentatie is het betrouwbaarheidsinterval weergegeven als een verticale streep. Een voorbeeld daarvan is te zien in figuur 7.1. Het betrouwbaarheidsinterval is klein als er òf over veel gegevens gemiddeld wordt, òf als de cijfers dicht rond het gemiddelde waarde liggen. Het betrouwbaarheidsinterval is groot als er slechts weinig cijfers zijn waarover gemiddeld wordt of als de gegeven cijfers sterk van elkaar verschillen.



Figuur 7.2: het gemiddelde van twee groepen a en b weergegeven in één figuur.



Figuur 7.3: het verschil in gemiddelde van twee groepen a en b waarbij de betrouwbaarheidsinterval van 70% is aangegeven.

Vaak worden de gemiddelden van de resultaten per categorie van twee verschillende groepen met elkaar vergeleken in dezelfde figuur. Een voorbeeld daarvan is weergegeven in figuur 7.2. Groep a heeft een gemiddelde van $7,10 \pm 0,09$ en groep b heeft een gemiddelde van $7,35 \pm 0,15$ bij de voor de grafische weergave gebruikte betrouwbaarheid van 70%.

Bij het vergelijken van de gemiddelden van twee groepen wordt soms gebruik gemaakt van de weergave van het verschil in de gemiddelde waarden. Het verschil van het gemiddelde van groep b en groep a is $7,35 - 7,10 = 0,25$ (zie figuur 7.3). Als betrouwbaarheidsinterval van het verschil van het gemiddelde van beide groepen geef ik in de grafische weergave het gemiddelde van beide betrouwbaarheidsintervallen waarover gemiddeld wordt. Het betrouwbaarheidsinterval van het

verschil van de gemiddelde van groep a en b is $(0,09 + 0,15) / 2 = 0,12$. Het verschil van de gemiddelden van groep b en groep a is dus $0,25 \pm 0,12$. In het weergegeven voorbeeld in figuur 7.3 ligt het hele betrouwbaarheidsinterval boven de 0. Als het hele betrouwbaarheidsinterval boven de 0 ligt, is de conclusie dat het gemiddelde cijfer in groep b boven het gemiddelde van groep a ligt met een be-

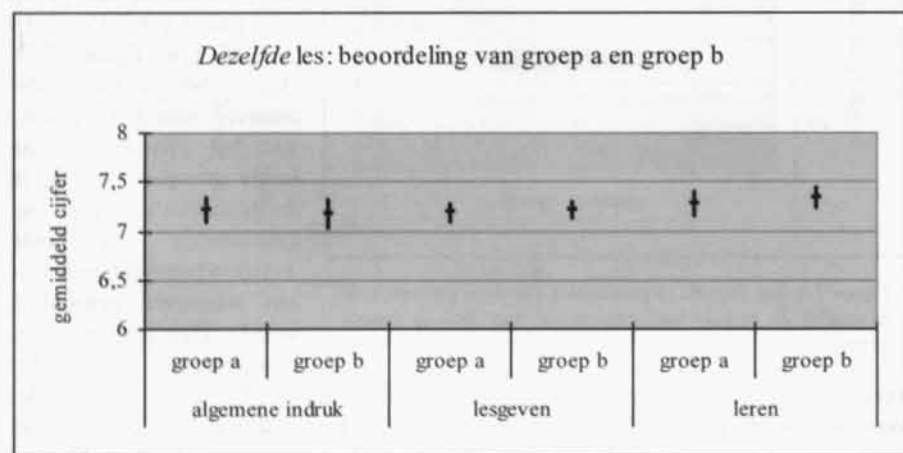
trouwbaarheidsniveau van 70%. Voor de grafische weergave van het *verschil in het gemiddelde* is bij de presentatie in het hele onderzoek hetzelfde interval genomen, namelijk tussen de -1,0 en +1,8 punt.

Van het *verschil in het gemiddelde* wordt het statistische betrouwbaarheidsniveau genoemd. De statistische betrouwbaarheid is een maat voor de waarschijnlijkheid dat het verschil in beoordeling niet berust op toeval. Deze is in het voorbeeld 99%. Indien de statistische betrouwbaarheid groter is dan 95% wordt aangenomen dat het verschil niet door toeval is ontstaan, dus statistisch *significant* is. De statistische betrouwbaarheid noteer ik soms tussenhaakjes bij het verschil. In het voorbeeld is het *verschil in het gemiddelde* van de beoordelingen $0,25 \pm 0,12$ (99%).

7.1.3 Het vergelijken van dezelfde les aan verschillende groepen

Tijdens de pilotstudie vergeleek ik de resultaten van een zelfde les die aan verschillende groepen was gegeven. Bij de herhaling van het college werden geen inhoudelijke veranderingen aangebracht, voor de docent was het *dezelfde* les. Beide groepen die de colleges volgden, bestonden uit zo'n 22 mannelijke studenten. Tijdens de les werd de matrixmethode voor subtypering uitgelegd (Bakema, Zwart en van der Lek, 2000) met gebruikmaking van dezelfde voorbeelden die in beide groepen op papier werden uitgereikt.

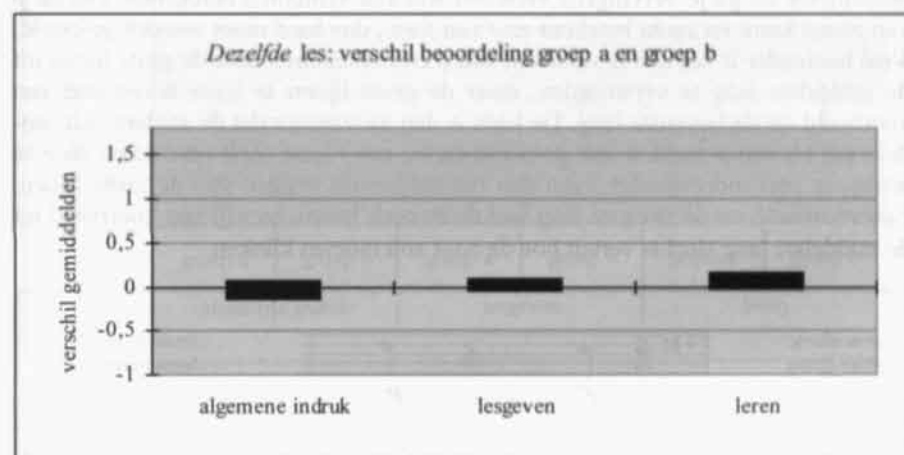
Bij de beoordeling van de les kreeg de vraag over de *algemene indruk* in de eerste groep a een gemiddelde van $7,21 \pm 0,10$ en bij de herhaling van de les in groep b een gemiddelde van $7,17 \pm 0,14$. Binnen de betrouwbaarheid van 70% is daarbij een enorm grote overlap te zien, zoals grafisch is weergegeven in figuur 7.4. Voor de categorie *lesgeven* door de docent zijn deze gemiddelde resp. $7,19 \pm 0,10$ en $7,21 \pm 0,08$. Voor de categorie van het *leren* van de student zijn de gemiddelden



Figuur 7.4: de gemiddelde cijfers van groep a en groep b voor alle drie de categorieën.

voor de respectievelijke groepen 7.28 ± 0.12 en 7.34 ± 0.11 . De gemiddelde cijfers van beide groepen voor de twee andere categorieën *lesgeven* en *leren* zijn evenals de categorie *algemene indruk* weergegeven in figuur 7.4.

Het verschil van de gemiddelden per categorie is grafisch weergegeven in figuur 7.5. De beoordeling van de *algemene indruk* is bij de herhaling van de les iets lager met een grotere spreiding (veroorzaakt door een heel laag cijfer van één student). In de categorie *lesgeven* is nagenoeg geen verschil in gemiddelden van beide groepen. Het *leren* door de studenten wordt bij de herhaling van de les ietsje hoger beoordeeld. De verschillen in alle drie de categorieën liggen rond de 0, dus de effecten op de beoordeling van het herhalen van een les zijn gering. Het statistische betrouwbaarheidsniveau is voor de categorieën *algemene indruk* en *leren* 98% en voor de categorie *lesgeven* 99%. De beoordeling van *dezelfde* lessen door verschillende groepen is dus statistisch significant gelijk.



Figuur 7.5: het verschil van de gemiddelde beoordeling van groep a en groep b voor alle drie de categorieën.

Je zou verwachten dat bij het geven van een herhaling de les soepeler verloopt, omdat slordigheden en onvolkomenheden de tweede keer worden vermeden en eventuele vragen in de les zijn verwerkt. De herhaling van de les zou daardoor hoger beoordeeld kunnen worden. Ook zou je kunnen verwachten dat de docent bij het geven van de herhaling minder geconcentreerd is, door de aanname dat net als bij het geven van de eerste keer de les wel goed zal verlopen. De herhaling van de les zou daardoor minder hoog beoordeeld kunnen worden. Dit hoger of lager beoordelen volgt niet uit de resultaten van de beoordelingen door de studenten. Bij het geven van wat een docent *dezelfde les* noemt aan verschillende groepen blijken de resultaten van de beoordeling door de studenten significant gelijk te zijn.

7.1.4 Het leereffect bij een les beginnend met een voorbeeld

Uit het voorgaande blijkt dat *dezelfde* les die gegeven wordt aan verschillende groepen studenten hetzelfde beoordeeld wordt. Tijdens de pilot-studie werden ook lessen gegeven waarbij in het tweede college duidelijke veranderingen werden aangebracht ten opzichte van de eerste keer. Het uitgangspunt van voorbeeldgestuurd lesgeven is, dat er gemakkelijker geleerd wordt als de les vanuit voorbeelden wordt opgebouwd. Een essentieel punt daarbij, is dat de les begonnen wordt met een zogenaamd metagrammaticaal voorbeeld uit de praktijk, waaruit het nut van de te leren stof blijkt. Dit uitgangspunt van voorbeeldgestuurd lesgeven is getest bij een college waar notenschrift van muziek geanalyseerd moest worden.

Stel dat je iemand bladmuziek wilt leren lezen (zie figuur 7.6). Dan neem je bladmuziek en ga je vervolgens vertellen wat alle symbolen betekenen. Dat de *p* van *piano* komt en zacht betekent en *f* van *forte*, dus hard moet worden gespeeld. Veel boeiender is het niet *te vertellen* wat *p* en *f* betekenen door de grote lijnen uit de middelste laag te verwoorden, maar de grote lijnen *te laten horen* met een voorbeeld uit de bovenste laag. De kans is dan aanzienlijk dat de student zelf ontdekt dat bij een *p* zacht wordt gespeeld en bij een *f* hard. Zelf ontdekken door te horen, is veel indringender leren dan het aangereikt krijgen van de grote lijnen. Een voorbeeld uit de hoogste laag laat de muziek horen, terwijl een voorbeeld uit de middelste laag slechts vertelt hoe de noot zou moeten klinken.

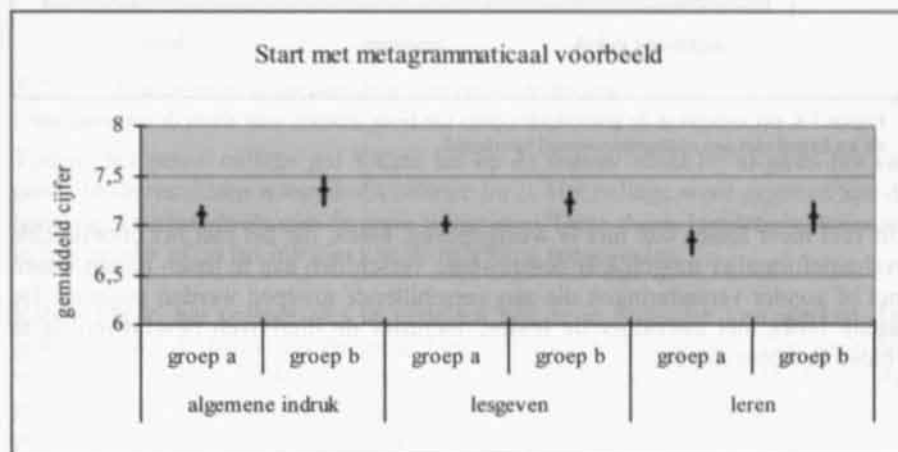
| | | |
|---------------------------|---|-----------------------|
| samenhang grote lijnen |  | muziek laten horen |
| grote lijnen |   | noten spelen |
| feiten | <i>f</i> <i>p</i>  | symbolen |

Figuur 7.6: de meeste metagrammaticale voorbeelden liggen uitermate voor de hand.

Het muziekstuk werd getoond via de overheadprojector en was voor alle studenten goed te lezen. In het eerste college speelde de docent op een aanwezige cello de weergegeven grote lijnen in het muziekstuk afzonderlijk voor, zoals de hoogte van de toon, hoe lang een toon duurde of hoe hard er gespeeld moest worden. Pas aan het eind van het college werd het muziekstuk voorgespeeld zoals de componist dat had aangegeven in het muziekstuk. Bij de herhaling van de les werd juist begonnen het genoteerde muziekstuk voor te spelen. Tijdens het spelen konden de studenten zien en horen hoe de muzikant speelde en kijken of ze begrepen waarom de muzikant speelde zoals zij deed. De studenten konden daarbij het gegeven

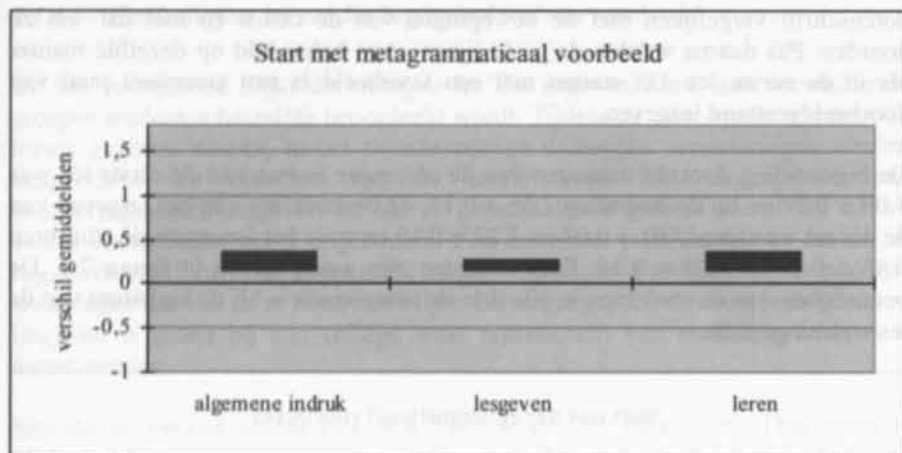
notenschrift vergelijken met de bewegingen van de cellist en met dat wat ze hoorden. Pas daarna werden de grote lijnen apart behandeld op dezelfde manier als in de eerste les. Dit starten met een voorbeeld is een essentieel punt van voorbeeldgestuurd lesgeven.

De beoordeling door de studenten van de *algemene indruk* van de eerste les was 7.09 ± 0.09 en bij de herhaling 7.36 ± 0.15 , de beoordeling van het *lesgeven* van de docent was resp. 7.01 ± 0.07 en 7.22 ± 0.10 en voor het *leren* van de studenten 6.83 ± 0.11 en 7.08 ± 0.14 . Deze waarden zijn weergegeven in figuur 7.7. De beoordeling van de studenten in alle drie de categorieën is bij de herhaling van de les vooruit gegaan.



Figuur 7.7: de gemiddelde cijfers van groep a en groep b voor alle drie de categorieën.

Het verschil van de gemiddelden per groep is voor de *algemene indruk* $0,25 \pm 0,12$, voor het *lesgeven* $0,21 \pm 0,9$ en voor het *leren* $0,25 \pm 0,12$ (zie figuur 7.8). De statistische betrouwbaarheid dat de gevonden verschil in beoordelingen niet op toeval berust is voor de categorie *algemene indruk* 98%, voor *lesgeven* groter dan 99% en voor *leren* 97%. Daaruit blijkt dat, bij het starten van de les met een metagrammaticaal voorbeeld, alle drie de categorieën, de *algemene indruk*, de beoordeling van het *lesgeven* van de docent en het *leren* van de student een significant hogere beoordeling krijgen. De les die startte met de analyse van het muziekstuk werd door de studenten mogelijk ervaren als een vakinhoudelijke theorieles. De studenten vroegen zich wellicht af bij het zien van het notenschrift "Wat zijn dat voor bolletjes en waarom zet die componist daar zoveel tekens bij? Waarom doet hij zo moeilijk?" De studenten van de les die startte met het spelen van het muziekstuk, konden echter zien en horen dat de aantekeningen van de componist zinvol waren. De hogere beoordeling van de studenten zou er op kunnen duiden dat vanuit die overtuiging de student veel eerder bereid is alle grote lijnen te gaan ontdekken die in het muziekstuk zijn weergegeven.



Figuur 7.8: het verschil in de gemiddelde cijfers van beide groepen waar alleen de herhaling van de les begon met een metagrammaticaal voorbeeld.

Uit veel meer lessen dan hier is weergegeven, bleek, dat het met het ontwikkelde evaluatieformulier mogelijk is betrouwbare verschillen aan te tonen tussen lessen met of zonder veranderingen die aan verschillende groepen werden gegeven. De laatste reeks met geëvalueerde lessen, inclusief de hierboven beschreven, is te vinden in Appendix B.

7.2 Leren voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO

Voorbeeldgestuurd lesgeven is uitgeprobeerd in het HBO tijdens hoorcolleges. Een collega aan de Bedrijfskundige Informatica opleiding van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden (NHL) leek het interessant om mee te doen aan het onderzoek. Toen ik hem vroeg bij welke lessen we het onderzoek zouden kunnen uitvoeren, bleek dat hij geen les gaf aan een groep studenten met een evenredige hoeveelheid meisjes. Zijn kamergenoot Klaas Kalma die ons probleem hoorde bood spontaan aan om indien mogelijk mee te doen. Kalma zou een serie colleges gaan geven aan de managementopleiding van de NHL waar meer dan de helft van de groep van 30 studenten uit meisjes bestond. De serie colleges werd gegeven in een periode van vijf weken, volgens het periodensysteem dat de NHL kent. De eerste les van de serie colleges zou Kalma op zijn eigen manier geven. De daarop volgende vier lessen zouden we samen voorbereiden en eventueel aanpassen aan de methode, voordat Kalma de lessen zou geven. De vijf lessen worden in deze paragraaf uitvoerig besproken. Een andere collega, Jan van der Wal, volgde een didactiekcursus aan de Rijksuniversiteit Groningen. Hij was daardoor bewust met didactiek bezig en het leek hem interessant deze manier van lesgeven uit te proberen. Dit gebeurde tijdens colleges bij een groep van 40 Informatica-studenten die alleen uit jongens bestond. Van der Wal zou de eerste twee colleges op zijn eigen manier geven en vervolgens vijf colleges die we samen aan de hand van de methode zouden voorbereiden.

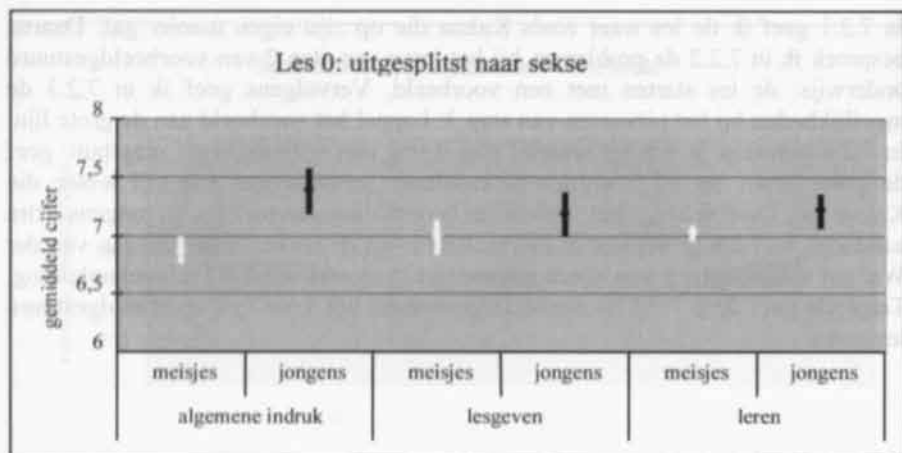
In 7.2.1 geef ik de les weer zoals Kalma die op zijn eigen manier gaf. Daarna bespreek ik in 7.2.2 de problemen bij het leren van stap 2 van voorbeeldgestuurd onderwijs: de les starten met een voorbeeld. Vervolgens geef ik in 7.2.3 de moeilijkheden bij het uitvoeren van stap 3: koppel het voorbeeld aan de grote lijn. In 7.2.4 bespreek ik een les waarbij stap 4 nog niet volledig werd uitgebuit: geef de grote lijnen. In 7.2.5 worden de resultaten getoond van alle vijf lessen die Kalma gaf. Daarbij krijgt het verschil in beoordeling van meisjes en jongens extra aandacht. In 7.2.6 presenteer ik de resultaten van de hoorcolleges die Jan van der Wal gaf aan een groep van alleen mannelijke studenten op een Techniekopleiding. Tenslotte geef ik in 7.2.8 de aandachtspunten bij het leren van voorbeeldgestuurd lesgeven.

7.2.1 *Traditioneel lesgeven door een ervaren docent*

Tijdens het eerste college gaf Kalma les op de manier zoals hij al jaren het vak geeft. In de resultaten noem ik dit college *les 0*. Het college werd gegeven aan de hand van keurige sheets met de grote lijnen erop. Deze sheets konden de studenten in hun *reader* of op het intranet van de opleiding terugvinden.

Kalma begon het college met te vertellen hoe je in projecten kon werken. Dit gebeurde aan de hand van de grote lijnen die op sheets stonden. Eén voor één werden de sheets op de overhead gelegd en besproken. Kalma legde uit dat projectmanagement bestaat uit faseren, beslissen en beheersen. De partijen die bij projectmanagement nodig zijn, zijn het management, de gebruiker en de ontwikkelaar. Daarna vertelde hij hoe je projectmatig kon werken aan systeemontwikkeling met behulp van de methode SDM: *System Development Methodology* (Bots en Van Heck, 1999). Na de pauze werden de verschillende fasen van SDM besproken aan de hand van de grote lijnen op de sheets, zoals definitiestudie, basisontwerp, detailontwerp, realisatie en invoering. Met opmerkingen moedigde Kalma de studenten aan om mee te denken en bij de leerstof te betrekken, zoals "... denk bijvoorbeeld aan ..." en "... gebruik je gezonde verstand ...". Aan het eind van het college werd de studenten gevraagd het evaluatieformulier in te vullen.

Bekijken we de beoordeling van de studenten van les 0 uitgesplitst naar sekse (figuur 7.9) dan zien we dat de jongens deze les in alle categorieën hoger beoordelen dan de meisjes. De groep studenten bestond uit zo'n 20 meisjes en 10 jongens. In de beoordeling van de meisjes is het betrouwbaarheidsinterval kleiner dan die van de jongens, omdat er meer meisjes waren dan jongens. Op het evaluatieformulier werd bij deze les 0 slechts een enkele opmerking geschreven: "je kunt ook goed zelfstudie toepassen"



Figuur 7.9: les 0 uitgesplitst naar sekse voor de drie categorieën.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de meisjes beoordeelden deze les die werd gegeven aan de hand van de grote lijnen beduidend lager dan de jongens.

7.2.2 Starten met een voorbeeld

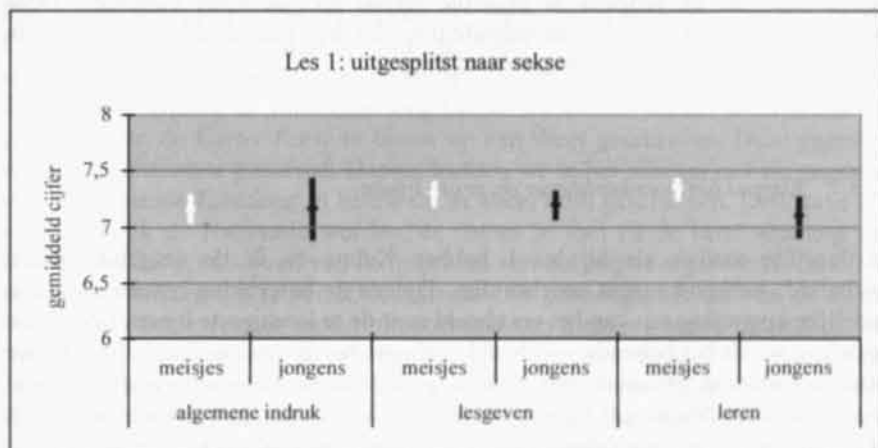
De daarop volgende colleges les 1 t/m les 4 hebben we samen voorbereid voordat Kalma deze ging geven.

De eerste keer dat we samen een college gingen voorbereiden hadden we daar anderhalf uur voor uitgetrokken. Kalma liet een stapel keurige sheets zien met de grote lijnen erop. Hij wilde een procesaangestuurde manier van systeemontwikkeling laten zien, namelijk ISAC (*Information Systems work and Analysis of Changes*) (Bots en Van Heck, 1999). Als voorbeeld had hij een Activiteiten-diagram getekend, zoals gebruikelijk bij de ISAC-methode, met processen die nodig zijn om met behulp van water en een theezakje vier kopjes thee te kunnen inschenken. Dit voorbeeld liet Kalma me aan het begin van de bespreking zien. Vervolgens ging Kalma de stapel sheets met me bespreken, beginnend bij de belangrijkste sheet die bovenop lag. Stuk voor stuk ging Kalma me oplezen wat de betekenis was van de grote lijnen die op de sheets stonden. Na iedere grote lijn die hij oplas van de sheet onderbrak ik hem en koppelde zijn grote lijn aan het voorbeeld van theezetten. Zoals hij vertelde "Je bepaalt eerst de invoerverzameling ..." en mijn onderbreking met "... water, theezakje..." en hij vervolgde "... en je bepaalt de uitvoerverzameling..." waarna mijn koppeling met het voorbeeld volgde "... vier kopjes thee...". Onverstoorbaar ging hij door met het oplezen van de sheets. "Daarna ga je aangeven welke bedrijfsactiviteiten plaatsvinden..." en ik "... water koken, zakje thee in water doen...". Na zo'n half uur had ik het gevoel dat Kalma vond dat ik hem stoorde in het geven van zijn weergave van de les. Steeds weer koppelde ik zijn grote lijn aan het voorbeeld: "...

je zou dus kunnen zeggen de smaak van de thee..." of "... wanneer je te weinig water opzet..." Op een gegeven moment keek hij me wat langer en zwijgend aan. Ik was even bang dat hij ermee zou stoppen. Bij mij begon de twijfel op te komen of ik andere docenten wel kon leren aan de hand van voorbeelden les te geven. Waarschijnlijk gaf toch ons basisenthousiasme de doorslag, want hij begon met me mee te doen: "... dus als je opeens niet vier maar meer mensen op theebezoek krijgt, dan moet je processen gaan bijsturen..." Kalma begon nu zelf vanuit het voorbeeld mij de grote lijn uit te leggen. Kalma vatte aan het eind van de voorbespreking zijn gevoel samen dat hij de les kon geven met het voorbeeld van theezetten en met behulp van de sheets die hij al jaren tijdens dit college gebruikte, maar de volgorde moest omdraaien. Dit omdraaien van de lesvolgorde, het uitvoeren van de anti-didactische inversie (zie 3.4.4), vatte Kalma samen met 'van achteren naar voren lesgeven'.

Bij het geven van de les de dag erna, bleek dat omdraaien van de lesvolgorde voor Kalma even wennen was. Vaak greep hij terug naar de grote lijnen op de sheets, in plaats van het voorbeeld over theezetten, dat de studenten begrepen, uit te buiten door vanuit het voorbeeld de grote lijnen uit te bouwen. In de pauze vertelde Kalma spontaan en enthousiast dat hij het, ondanks de aanpassingsproblemen, een prettige en boeiende manier van lesgeven vond.

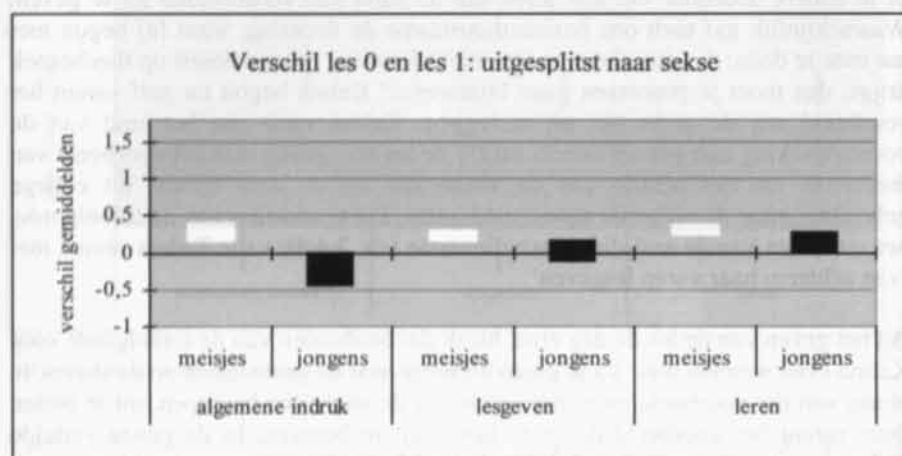
De resultaten van les 1 zijn uitgesplitst naar sekse in figuur 7.10 weergegeven. De hogere beoordeling van de jongens ten opzichte van die van de meisjes zoals in les 0 is nu verdwenen. Meisjes beoordelen deze les die begon met een voorbeeld even hoog of zelfs hoger dan de jongens in alle drie de categorieën.



Figuur 7.10: de beoordeling van les 1 uitgesplitst naar sekse voor de drie categorieën.

Het verschil in beoordeling van les 0 en les 1 (figuur 7.11) in de categorie *algemene indruk* stijgt bij de meisjes met $0,29 \pm 0,13$ en daalt bij de jongens $-0,22 \pm 0,23$. Voor de categorie *lesgeven* stijgt de beoordeling voor meisjes met $0,24 \pm 0,08$ en voor jongens blijft nagenoeg gelijk $0,01 \pm 0,14$, en voor de categorie *leren* is de stijging voor de meisjes $0,32 \pm 0,09$ en jongens $0,12 \pm 0,15$. Voor de meisjes

is de statistische betrouwbaarheid dat het verschil niet op toeval berust voor de categorieën *algemene indruk* en *leren* 98%, en voor *lesgeven* groter dan 99%. In alle drie de categorieën is de stijging dus significant.



Figuur 7.11: het verschil van de beoordeling in les 0 en les 1 uitgesplitst naar sekse voor de drie categorieën.

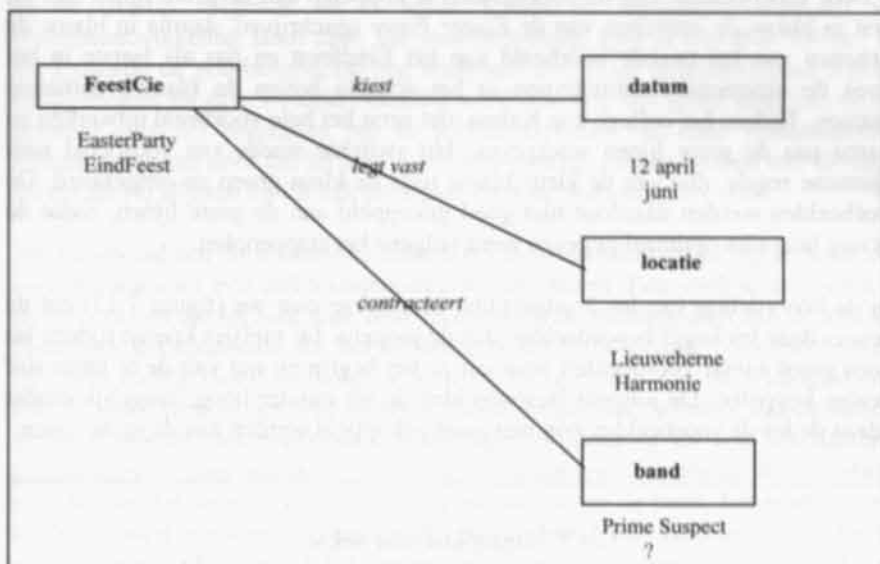
Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de stijging van de beoordeling van de meisjes was significant groter dan de stijging van de beoordeling van de jongens in dezelfde lessen met dezelfde condities. Deze observatie versterkt dus de veronderstelling dat het gemiddelde meisje en de gemiddelde jongen op een andere manier leren.

7.2.3 Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen

Op dezelfde manier als bij les 1 hebben Kalma en ik de volgende lessen voorbereid: werkend vanuit voorbeelden. Tijdens de bespreking brachten we een duidelijke koppeling aan van het voorbeeld naar de te leren grote lijnen. Door deze koppeling wordt het bekende voorbeeld optimaal benut om van daaruit de nieuwe abstracties te leren. De sheets met de belangrijkste grote lijnen erop waarmee hij al jaren het college begon, gaf hij pas aan het eind van de les. Het gevoel van Kalma dat hij 'van achteren naar voren' les moest geven, zou hij alle lessen behouden.

Stap 3 van voorbeeldgestuurd lesgeven koppelt het voorbeeld aan de grote lijnen van de nieuw te leren lesstof (zie 6.2.3). Dat leverde tijdens de tweede les die Kalma aan de hand van de methode gaf nog wat problemen op. Kalma wilde namelijk een model laten zien van gegevensverwerkende processen dat veel gebruikt wordt bij systeemontwerp, het *Entity-Relation-model* (ER-model) (Bots en Van Heck, 1999). Hierbij lag het voorbeeld voor de hand, want de studenten hadden net een groot feest gevierd en de helft van de organiserende commissie zat

in de klas. Tijdens de voorbespreking hadden we de volgende opzet van les 2 bedacht.

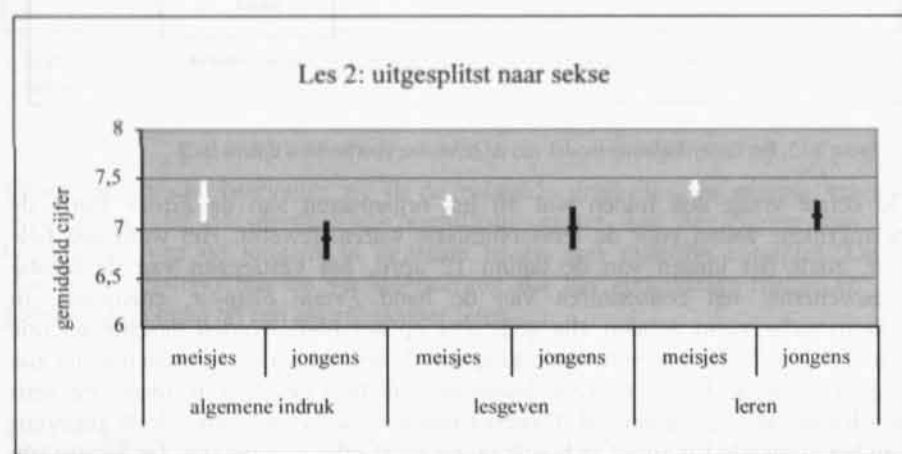


Figuur 7.12: het Entity-Relation-model van de gebruikte voorbeelden tijdens les 2.

De eerste vraag zou luiden wat bij het organiseren van de *Easter Party* de belangrijkste zaken voor de feestcommissie waren geweest. Het werd een hele lijst, zoals het kiezen van de datum 12 april, het vastleggen van de locatie Lieuweherne, het contracteren van de band *Prime Suspect*, enzovoort. In schematische vorm zouden alle gegevens op het bord worden geschreven (zie figuur 7.12). Tijdens de voorbespreking van de les hadden we het schema van alle gegevens van de *Easter Party* in blauw op een sheet geschreven. Deze gegevens worden de *entiteiten* genoemd. Daarna hadden we in het schema ook de gegevens van het komende Eindfeest in blauw op de sheet erbij geschreven. De locatie zou waarschijnlijk de Harmonie worden, de datum in juni en de band was nog niet bekend. Bij het opschrijven van de gegevens van het nog te organiseren Eindfeest zou simpel blijken dat je hetzelfde schema kon gebruiken als dat van de *Easter Party*. Voor beide feesten moest bijvoorbeeld een locatie worden besproken, een datum worden vastgelegd en een band worden gecontracteerd. De entiteiten van de verschillende feesten stonden keurig onder elkaar in het blauw weergegeven. Boven de blauwe gegevens uit de voorbeelden schreven we de algemene zaak waar het omging. Zo ging het in het geval van Lieuweherne en de Harmonie om de gekozen locatie. De locatie is het type van de entiteiten, ofwel *entiteittype*. Voorts werden tijdens de voorbespreking alle entiteiten van beide voorbeelden van de twee feesten voorzien van entiteittypen. Deze entiteittypen werden in het groen weergegeven. Aan het eind van de voorbespreking stonden in het blauw alle entiteiten op papier en in het groen de entiteittypen die daarbij hoorden. De bedoeling was dus dat tijdens college het algemene model dat je gebruiken kunt om een willekeurig feest te organiseren, uiteindelijk in het groen op het bord zou staan. Dat vond Kalma een mooie manier van presenteren. Echter, tijdens het

geven van het college stond hij meer te goochelen met de kleuren blauw en groen, waarvan hij het gebruik zo helder vond, dan dat hij begon met het uitwerken van de twee voorbeelden. Om de voorbeelden te koppelen aan de grote lijnen zou hij eerst in blauw de entiteiten van de *Easter Party* opschrijven, daarna in blauw de entiteiten van het tweede voorbeeld van het Eindfeest en pas als laatste in het groen de algemenere entiteitstypen in het schema boven de blauwe entiteiten plaatsen. Tijdens het college kon Kalma niet eerst het hele voorbeeld uitwerken en daarna pas de grote lijnen weergeven. Hij switchte steeds van voorbeeld naar algemene regels, dus van de kleur blauw naar de kleur groen en omgekeerd. De voorbeelden werden daardoor niet goed gekoppeld aan de grote lijnen, zodat de les nog lang niet optimaal gegeven werd volgens het stappenplan.

Bij de beoordeling van les 2 uitgesplitst naar sekse zien we (figuur 7.13) dat de meisjes deze les hoger beoordeelden dan de jongens. De meisjes kregen tijdens les 2 een groot aantal voorbeelden waaraan ze het begrip en nut van de te leren stof konden koppelen. De jongens beoordeelden de les minder hoog, mogelijk omdat tijdens de les de voorbeelden nog niet goed gekoppeld werden aan de grote lijnen.



Figuur 7.13: les 2 uitgesplitst naar sekse voor de drie categorieën.

Op het evaluatieformulier stond bij de opmerkingen van een aantal studenten dat de les wat rommelig was. Dat zou goed kunnen komen door de wisseling van Kalma tussen algemene regels en het voorbeeld. De lijn van het voorbeeld werd (nog) niet vastgehouden en uitgewerkt. Tijdens de nabespreking direct na de les was Kalma ietwat teleurgesteld dat hij het voorbeeld niet volledig had uitgebuit. Hij gaf als reden dat hij te snel naar de algemenere regels was overgegaan: "omdat ik het zelf vroeger ook zo heb gehad" en "omdat ik graag zo volledig mogelijk wil zijn". Hij dacht nog dat hij veel vollediger overkwam als hij de zekere abstracte regels vertelde, in plaats van te vertrouwen op *slechts* twee voorbeelden. Toch werd Kalma steeds enthousiaster over de manier van lesgeven.

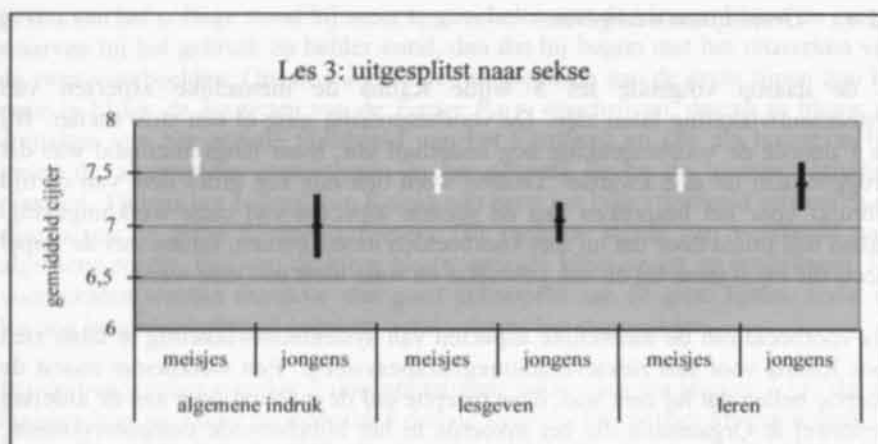
Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de meisjes beoordeelden een les die vanuit voorbeelden werd gegeven ondanks de onvolkomenheden hoger dan de jongens.

In de daarop volgende les 3 wilde Kalma de menselijke aspecten van systeemontwikkeling laten zien. De voorbespreking ging al een stuk sneller. Bij les 1 duurde de voorbespreking nog anderhalf uur, maar langzamerhand was dat teruggebracht tot drie kwartier. Daarbij werd ook nog een groot deel van de tijd gebruikt voor het bespreken van de sociale aspecten van onze werkomgeving. Kalma had prima door dat hij met voorbeelden moest komen, samen met de stapel sheets die hij al jaren bij dit vak gebruikte en waar niets mis mee was.

Als voorbeeld om de menselijke aspecten van systeemontwikkeling te laten zien koos Kalma voor een ziekteverzuimregistratiesysteem. Een werknemer moest de receptie bellen dat hij ziek was, deze receptie gaf de melding door aan de afdeling Personeel & Organisatie die het invoerde in het bijbehorende computersysteem. De ziekmelding moest vervolgens worden doorgegeven aan de leidinggevende van de zieke werknemer. Het systeem moest zo gemaakt worden, dat de directie statistieken over ziekteverzuim kon opvragen. Tijdens de les zou ook aandacht geschonken worden aan de verandering van kwaliteit van arbeid. Als voorbeeld nam Kalma dat door de komst van de pinautomaat op de bank, het werk van een baliemedewerker mogelijk veranderde. Bijvoorbeeld van geld uittellen naar het geven van reisadviezen, of het geven van voorlichting over hypotheek. Kalma zou er deze les extra opletten dat de voorbeelden gekoppeld zouden worden aan de grote lijnen. Een voorbeeld hiervan is: de operationele gebruikers van een systeem zijn de medewerkers van de afdeling Personeel & Organisatie, de functionele gebruikers zijn de leidinggevendenden en een beleidsbepalende gebruiker is (bijvoorbeeld) de directie.

Tijdens les 3 gaf Kalma enthousiast alle voorbeelden. Hij vergat alleen aan het eind van de les de grote lijnen te geven; dus de voorbeelden koppelen aan de grote lijnen gebeurde helemaal niet. Aan het eind van de les had hij het wel over beleidsbepalende, functionele, operationele en passieve gebruikers. Bij het voorbeeld had hij echter niet genoemd welke gebruikers dit nu waren. Bij de nabespreking zei Kalma: "Nu geef ik alleen voorbeelden en geen grote lijnen. Ik sla door naar de andere kant". Hij zei het lachend, want hij had een goed gevoel over de les.

Splitsen we de beoordeling van les 3 uit naar sekse, dan zien we (figuur 7.14) dat in de categorie *algemene indruk* en het *lesgeven* de beoordeling van de meisjes aanzienlijk hoger is dan die van de jongens. Respectievelijk 0,6 en 0,4 punt. De beoordeling voor wat ze *zelf leren*, is nagenoeg even hoog bij de meisjes als bij de jongens. Uit de beoordelingen van deze les met teveel voorbeelden, of beter gezegd met te weinig grote lijnen, zien we dat de meisjes het begrijpen van het voorbeeld belangrijk vinden, terwijl jongens graag ook nog de grote lijnen willen zien. Maar, nogmaals, dat geldt meer voor de categorie *algemene indruk* en het *lesgeven* dan voor de beoordeling van wat de jongens leren. De beoordeling van het *leren* is bij de meisjes en jongens even hoog.



Figuur 7.14: les3 uitgesplitst naar sekse voor alle categorieën.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de jongens hadden meer dan meisjes behoefte aan de presentatie van de grote lijnen, terwijl meisjes juist het begrijpen van het voorbeeld aansprak.

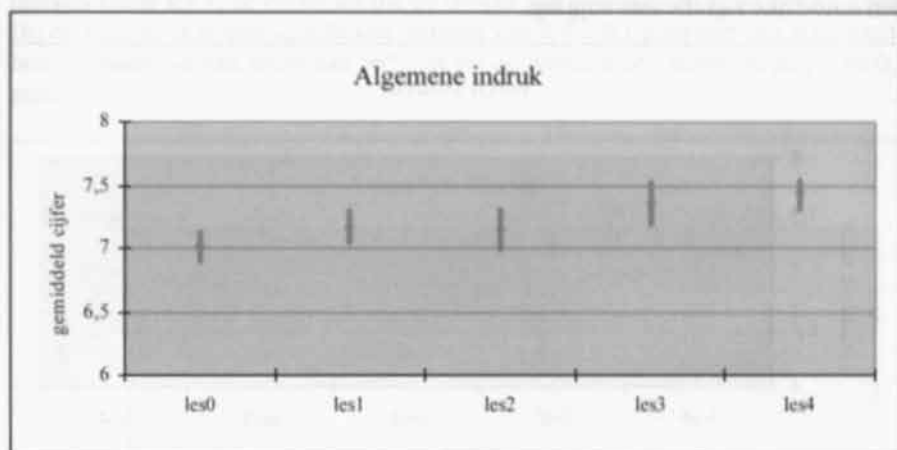
7.2.5 Meisjes leren vanuit voorbeelden

De laatste les van deze serie colleges werd besteed aan de vraag aan welke eisen een informatiesysteem moet voldoen.

Als voorbeeld koos Kalma voor het ontwerpen van een informatiesysteem van een uitzendbureau. Er moest een mailing worden rondgestuurd aan een lijst van adressen. De eerste opdracht luidde om een activiteitendiagram volgens de ISAC-methode te maken, zoals in les 1 geleerd was. In het activiteitendiagram moesten de *invoer*, de *uitvoer* en het *proces* worden aangegeven. In het gekozen voorbeeld was de invoer een brief en een adressenlijst, de uitvoer een brief die aan alle adressen moest worden verstuurd en het proces was het samenvoegen van de gemaakte brief en de adressenlijst. Na het geven van het voorbeeld volgde een vraag aan de studenten om zelf uit te werken: "Aan welke eisen moet dit systeem voldoen?" Toen tijdens college bleek dat de studenten deze vraag moeilijk vonden, herhaalde Kalma na enige tijd de vraag net andersom: "Waar word je verdrietig van als het niet goed gaat in het systeem? Dus welke eisen moet je stellen?" Al gauw kwam er een hele lijst eisen op het bord, zoals dat het programma moet doen wat de bedoeling is, dus betrouwbaarheid; het programma moet het snel doen, ofwel efficiënt; de invoer moet de juiste adressen bevatten, dus de gegevens moeten up-to-date zijn en relevant. Zo kwam een hele waslijst van kwaliteitseisen voort uit de 'verkapte' vraag "Hoe moet het systeem werken?" Voor de functionele eisen was dit ook het geval. Daar ging het eigenlijk om de vraag "Wat moet het systeem kunnen?" Hieruit volgden de technische eisen voor

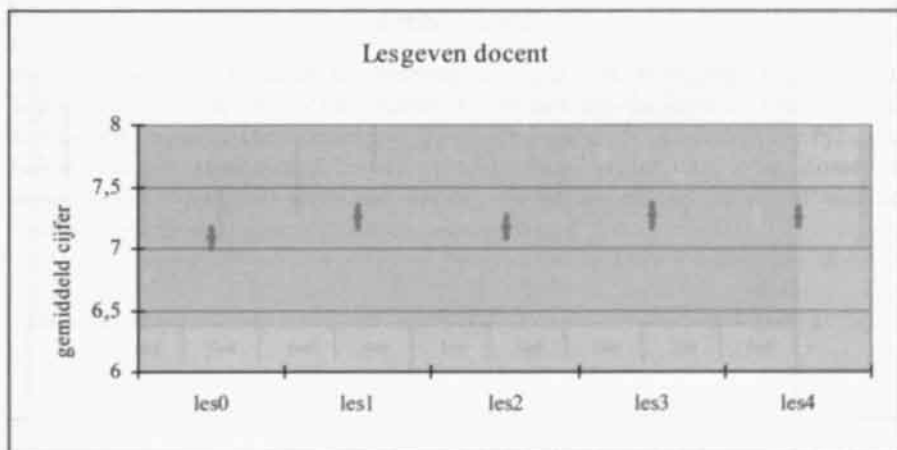
de vraag "Hoe kunnen we zulk een systeem bouwen?" Ofwel wat voor een computer moeten we aanschaffen, welke programmeertaal gaan we gebruiken, enzovoort. Deze afsluitende les van de colleges duurde wat korter dan de vorige lessen.

Bekijken we van alle lessen de *algemene indruk* van de hele groep, dan zien we (figuur 7.15) dat les 2 even hoog werd beoordeeld als les 1. Alle overige lessen werden steeds hoger beoordeeld dan de les ervoor. De stijging van de laatste les (les 4) ten opzichte van de eerste les (les 0) is $0,4 \pm 0,1$ punt. De statistische betrouwbaarheid dat het gevonden verschil niet op toeval berust is groter dan 99%, dus een significante stijging.



Figuur 7.15: de beoordeling van de categorie *algemene indruk* van alle lessen.

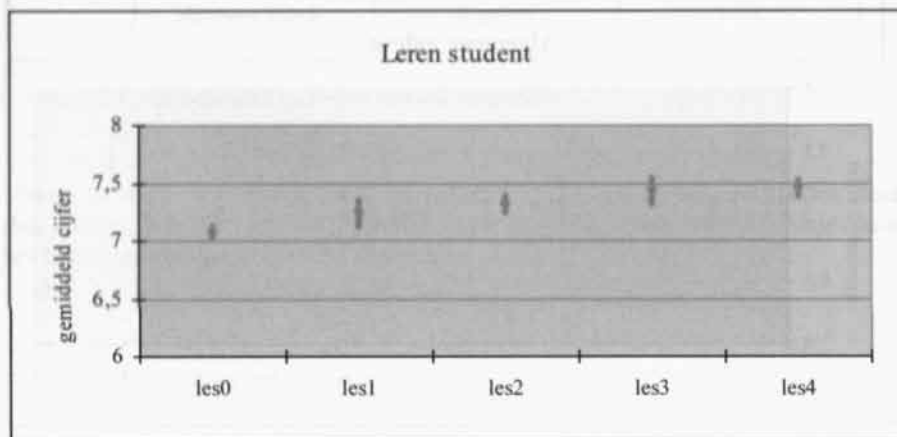
Bekijken we het verloop van de beoordeling van het *lesgeven*, dan zien we (figuur 7.16) een constante lichte stijging, behalve bij les 2 waar de docent zijn wanhoop meedeelde over de keuze van kleurgebruik bij het scheiden van de voorbeelden en



Figuur 7.16: de beoordeling in de categorie *lesgeven* van de docent bij alle lessen.

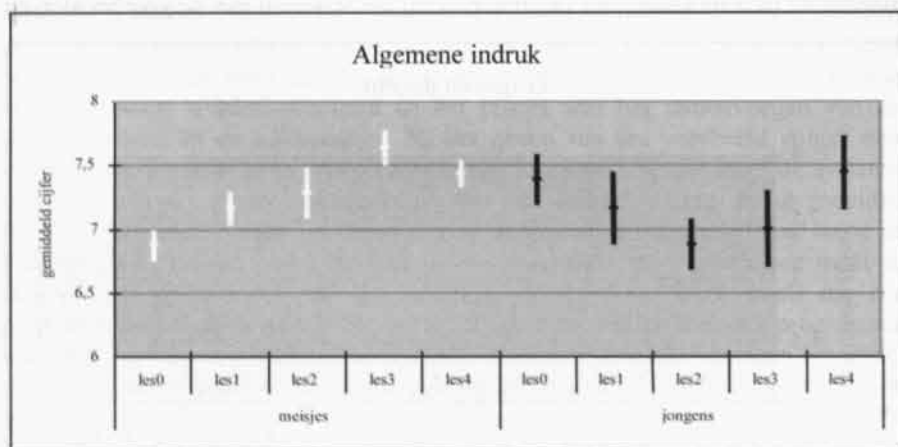
de grote lijnen. Het verschil tussen les 4 en les 0 is een lichte stijging, zo'n $0,2 \pm 0,1$ punt. De statistische betrouwbaarheid van het verschil is 95%, dus significant. Alle lessen zijn gegeven door dezelfde docent. De docent veranderde niet, vandaar waarschijnlijk dat de beoordeling van de studenten weinig verschilt. Een mogelijke verklaring voor de stijging is het feit dat de docent steeds enthousiaster werd.

De beoordeling van het *leren* van de student geeft een zelfde beeld (figuur 7.17) als de beoordeling van de *algemene indruk*, namelijk bij iedere les een lichte stijging. De totale stijging van les 4 ten opzichte van les 0 is hier $0,4 \pm 0,1$ punt met een statistisch betrouwbaarheidsniveau groter dan 99%. Dit betekent opnieuw een duidelijke significante stijging.



Figuur 7.17: de beoordeling van de categorie *leren* van de student bij alle lessen.

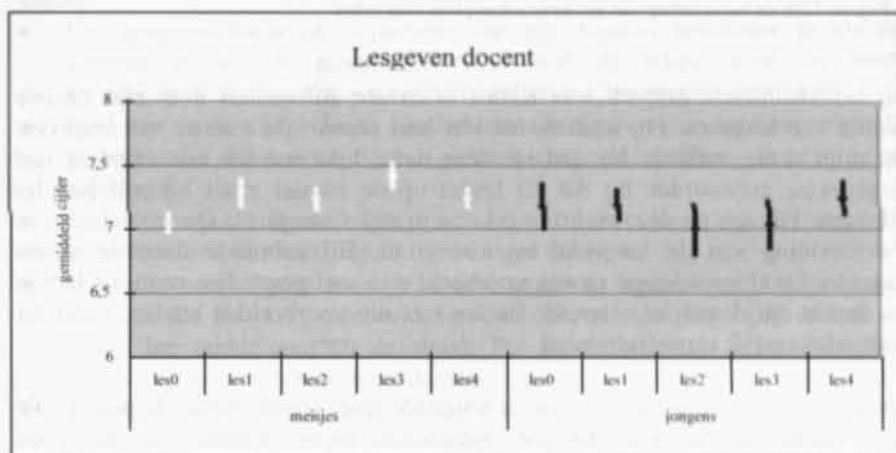
Splitsen we de beoordeling voor alle lessen per categorie uit naar sekse, dan zien we (figuur 7.18) dat meisjes en jongens deze manier van lesgeven anders ervaren.



Figuur 7.18: de algemene indruk van alle lessen uitgesplitst naar sekse.

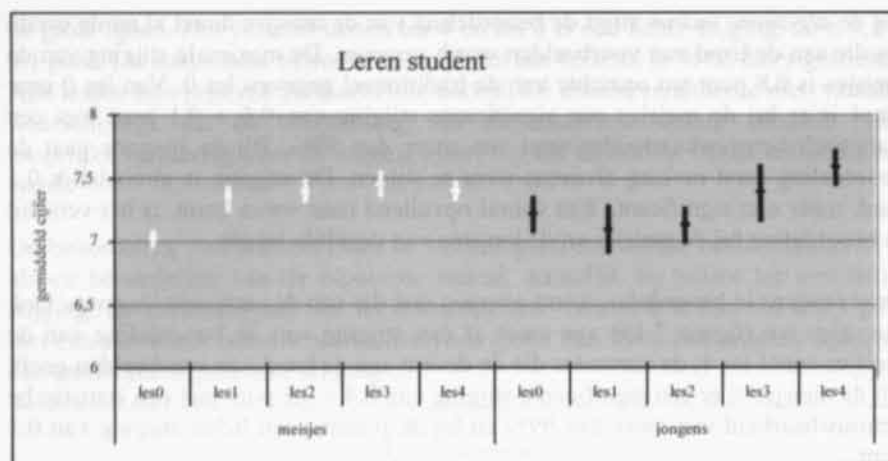
Bij de *algemene indruk* stijgt de beoordeling van de meisjes direct al na de eerste les die aan de hand van voorbeelden wordt gegeven. De maximale stijging van de meisjes is 0,8 punt ten opzichte van de traditioneel gegeven les 0. Van les 0 naar les 4 is er bij de meisjes een significante stijging van $0,6 \pm 0,1$ punt met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 99%. Bij de jongens gaat de beoordeling eerst omlaag alvorens weer te stijgen. De stijging is uiteindelijk 0,1 punt, maar niet significant. Wat vooral opvallend naar voren komt, is het verschil in beoordeling bij de meisjes en de jongens van dezelfde lessen.

Deze tendens in beoordeling komt overeen met die van de categorie *lesgeven*. Ook hier zien we (figuur 7.19) van meet af een stijging van de beoordeling van de meisjes vanaf les 1, de eerste les die de docent aan de hand van voorbeelden geeft. Bij de meisjes is er een significante stijging van $0,4 \pm 0,1$ punt met een statistische betrouwbaarheid van meer dan 99% en bij de jongens een lichte stijging van 0,1 punt.



Figuur 7.19: het lesgeven van de docent voor alle lessen uitgesplitst naar sekse.

Ook bij de beoordeling van de studenten over wat ze zelf *leren* (figuur 7.20) tijdens de les, zie je een zelfde verloop: de beoordeling van de meisjes stijgt direct en bij de jongens daalt de beoordeling alvorens ook te stijgen. Toch gaat de beoordeling van het *leren* van zowel de meisjes als de jongens met 0,4 punt significant omhoog. De meisjes met $0,4 \pm 0,1$ punt en de jongens $0,4 \pm 0,2$ punt, beide met een statistisch betrouwbaarheidsniveau groter dan 99%. Zowel de meisjes als de jongens geven aan dat ze, als de docent na een les of vier het voorbeeldgestuurd lesgeven beheerst, meer leren.



Figuur 7.20: de beoordeling van het leren uitgesplitst naar sekse.

Bij het afsluitende gesprek was Kalma uitermate enthousiast over zijn nieuwe manier van lesgeven. Hij noemde het een heel *natuurlijke* manier van lesgeven. Op mijn vraag waarom hij dan op deze natuurlijke manier niet altijd al had lesgegeven, antwoordde hij dat hij les gaf op de manier zoals hij zelf had les gekregen. Hij zou na deze ervaring zeker zijn stijl veranderen. De verandering in voorbereiding van de les vond hij niet groot. Hij gebruikte dezelfde sheets waarmee hij al jaren les gaf en een voorbeeld was snel gevonden, want dat heb je als docent altijd wel in je hoofd. De les met die voorbeelden starten, vond hij achteraf eigenlijk vanzelfsprekend.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijnen: zowel de meisjes als de jongens gaven aan dat ze significant meer leerden als er goed voorbeeldgestuurd werd lesgegeven. De beoordeling van de meisjes steeg terstond als er aan de hand van voorbeelden werd lesgegeven en de beoordeling van de jongens steeg naar gelang de docent niet alleen de voorbeelden noemde, maar ook de grote lijnen van de leerstof duidelijk weergaf. De meisjes beoordeelden lessen die voorbeeldgestuurd werden gegeven hoger dan de jongens.

Dat ook jongens ervaren baat te hebben bij deze vorm van lesgeven, blijkt uit observaties bij een groep studenten die alleen uit mannen bestond.

7.2.6 Anti-didactische inversie: 'van achteren naar voren'

Bij de vorige resultaten van voorbeeldgestuurd lesgeven is vooral gekeken naar het verschil in beoordeling van meisjes en jongens. De beoordeling van meisjes bleek hoger te zijn dan die van jongens. Ook heb ik onderzoek gedaan bij een groep van veertig mannelijke studenten van de Informatica Opleiding van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden. Dit om aan te geven dat de lesmethode ook

jongens aanspreekt. Docent Jan van der Wal gaf de lessen in de programmeertaal Java. Ik geef de inhoud van de lessen hier niet weer, omdat deze lessen voorkennis van informatica veronderstellen. Slechts één voorbeeld wil ik noemen: om aan te tonen dat ook in deze context de docent het gevoel kreeg dat de les 'van achteren naar voren' moest worden gegeven.

Stel een computerprogrammeur wil een tekenprogramma schrijven. Het computerprogramma moet een heleboel verschillende wiskundige figuren als cirkels, driehoeken, vierkanten en veelhoeken kunnen tekenen en bewerken. Om de figuren te kunnen tekenen moeten de gegevens van al deze figuren opgeslagen worden. De structuur van de gegevens moet vooraf worden vastgelegd bij het maken van het computerprogramma.

Als een docent de datastructuur wil uitleggen die nodig is om de gegevens van de figuren op te slaan met behulp van supertype en subtypes, kan dat op de volgende manier.

- Het gemeenschappelijk supertype van alle figuren beschouw je als een abstract geheel. Je programmeert er niet de tekenroutine in, omdat verschillende soorten figuren een verschillende tekenroutine gebruiken.
- De kleur en de dikte van de lijn hebben alle figuren gemeenschappelijk. De gegevens die alle soorten figuren gemeenschappelijk hebben, sla je op in een supertype.
- Voor ieder soort figuur moet je een eigen tekenroutine programmeren. Dat gebeurt voor ieder soort figuur in een eigen subtype.
- Bij ieder soort figuur moet je andere gegevens opslaan om het te kunnen tekenen. Zo sla je bijvoorbeeld van een driehoek de punten op of van een cirkel het middelpunt en de straal. Per soort figuur sla je de benodigde gegevens op in verschillende subtypes.
- Ik teken verschillende soorten figuren: een blauwe driehoek door de drie hoeken te verbinden en een rode cirkel met een straal rond een middelpunt.

Vertellen we hetzelfde verhaal als boven 'van achteren naar voren' dan luidt dat als volgt.

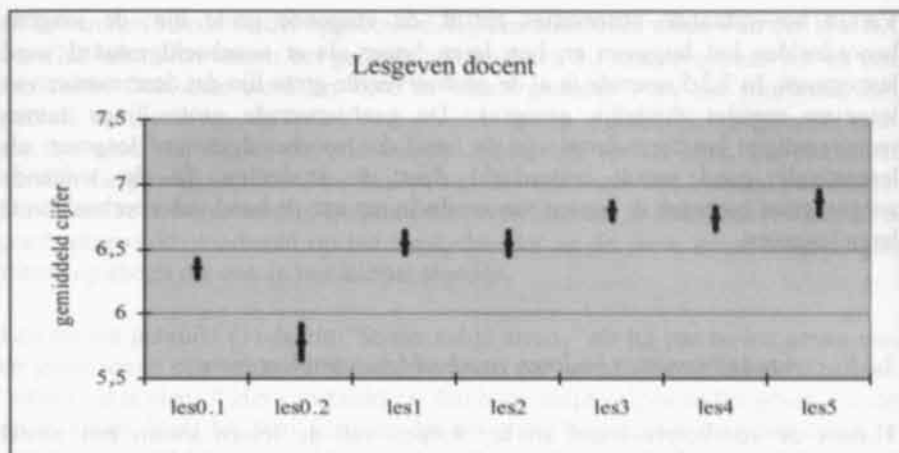
- Ik teken verschillende soorten figuren: een blauwe driehoek door de drie hoeken te verbinden en een rode cirkel met een straal rond een middelpunt.
- Bij ieder soort figuur moet je andere gegevens opslaan om het te kunnen tekenen. Zo sla ik bijvoorbeeld van een driehoek de punten op of van een cirkel het middelpunt en de straal. Per soort figuur sla je de benodigde gegevens op in verschillende subtypes.
- Voor ieder soort figuur moet je een eigen tekenroutine programmeren. Dat gebeurt voor ieder soort figuur in een eigen subtype.
- De kleur en de dikte van de lijn hebben alle figuren gemeenschappelijk. De gegevens die alle soorten figuren gemeenschappelijk hebben, sla je op in een supertype.
- Het gemeenschappelijk supertype van alle figuren beschouw je als een abstract geheel. Je programmeert er niet de tekenroutine in, omdat verschillende soorten figuren een verschillende tekenroutine gebruiken.

De eerste manier van uitleg vertelt de kennis *van boven af*. Eerst worden de abstracte zaken die voor alle figuren uit het supertype gelden genoemd; vervolgens wordt dat uitgesplitst naar verschillende soorten figuren in de subtypes. Ausubel (1964) noemde dat *superordinate learning*. Eerst wordt de abstractie genoemd, om deze daarna te illustreren met voorbeelden. Bij voorbeeldgestuurd lesgeven wordt de volgorde precies omgedraaid. Eerst worden voorbeelden gegeven van het tekenen van een driehoek met drie hoekpunten en een cirkel met middelpunt en straal. Deze gegevens worden daarna opgeslagen in het eigen subtype dat bij de verschillende soorten figuren behoort. Vanuit de voorbeelden blijkt dat alle soorten figuren dezelfde gegevens gebruiken, zoals kleur en dikte van de lijn die in het supertype opgeslagen worden. Om vanuit de voorbeelden de supertypes te vinden via *subordinate subsumption* is volgens Ausubel (1964) de beste manier van leren. Het staat uitvoerig beschreven in subparagraaf 4.6.2. Bij het leren kan er dan namelijk geleerd worden vanuit ideeën die relevant zijn voor de nieuwe begrippen en die voldoende verklarende waarde hebben om een volgend leren betekenisvol te laten verlopen, aldus Ausubel. Je voelt je bij het leren zekerder door uit te gaan van het bekende voorbeeld in de subtypes, om van daaruit de abstracte theorie te veronderstellen en vervolgens af te leiden in het supertype. Dat meisjes meer last van onzekerheid hebben dan jongens, bleek uit de cijfers in hoofdstuk 3. Vandaar de verwachte trend dat de beoordeling van meisjes meer stijgt dan die van jongens bij voorbeeldgestuurd lesgeven. De beoordelingen van jongens zullen natuurlijk ook stijgen als ze zich zekerder voelen. In de volgende subparagraaf presenteer ik resultaten van voorbeeldgestuurd gegeven colleges die alleen door jongens werden gevolgd.

7.2.7 Jongens leren ook graag voorbeeldgestuurd

Aan een groep van rond de 40 informaticastudenten die alleen uit jongens bestond, gaf Van der Wal een serie van zeven colleges. Van der Wal wist dat de essentie van het voorbeeldgestuurd lesgeven bij de voorbeelden lag. In de eerste les, die hij zelf had voorbereid, gaf hij dan ook veel voorbeelden. Na afloop van de eerste les mompelde een student naast mij bewonderend: "zo'n goede les hebben we dit jaar nog niet gehad". Toch was mijn indruk dat Van der Wal eerst de grote lijnen gaf en daarna pas de voorbeelden. De les kon dus aanzienlijk verbeterd worden door 'van achteren naar voren' les te gaan geven, zoals Kalma dat ervaren had. De tweede les die Van der Wal op zijn eigen manier gaf verliep analoog. De daarop volgende vijf lessen hebben we samen voorbereid. De resultaten van de zeven lessen bespreek ik aan de hand van de drie categorieën van het evaluatieformulier: de beoordeling van de *algemene indruk* van de les, de beoordeling van het *lesgeven* door de docent en de beoordeling van het *leren* van de studenten.

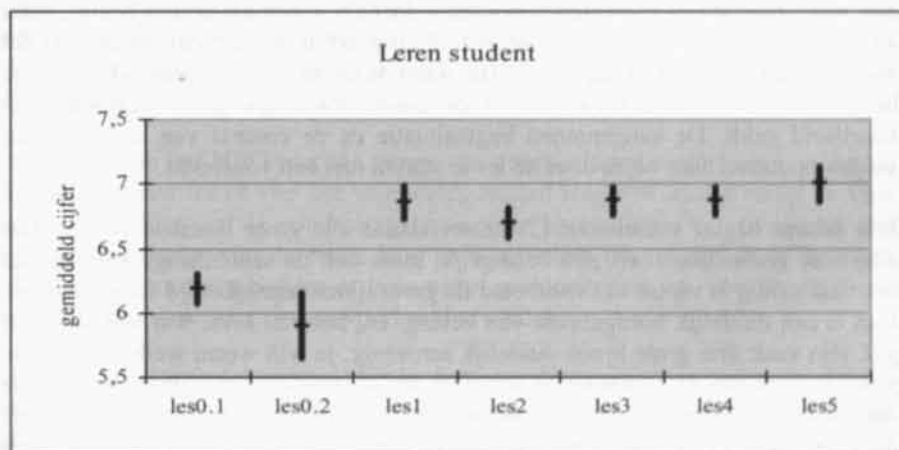
De beoordeling van de *algemene indruk* van de studenten bij de lessen die de docent traditioneel gaf was gemiddeld de eerste les (les 0.1) een 6,45 en de tweede les (les 0.2) een 5,77. Daarna volgde een enorme stijging naar les 1, die als eerste vanuit voorbeelden werd gegeven. De daaropvolgende lessen werden steeds hoger beoordeeld. De *algemene indruk* steeg van gemiddeld een $6,07 \pm 0,11$ van de eerste twee lessen naar een $6,86 \pm 0,10$ in les 5. Een significante stijging van 0,79



Figuur 7.21: de beoordeling van de categorieën *algemene indruk* en *lesgeven* van de docent.

$\pm 0,11$ punt met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 99%. De beoordeling van de categorie *lesgeven* maakte een analoge stijging door (zie figuur 7.21) van $6,11 \pm 0,15$ naar $6,88 \pm 0,10$. Ook hier is een significante stijging van gemiddeld $0,77 \pm 0,13$ punt (99%) van de gangbare lessen van de docent naar de lessen die voorbeeldgestuurd werden gegeven

In de categorie *leren* was het verschil tussen de lessen die de docent zelf had voorbereid en de lessen die werden gegeven aan de hand van de methode nog duidelijker te zien (figuur 7.22). De stijging van $6,05 \pm 0,16$ naar $7,00 \pm 0,14$ geeft een significant verschil van $0,95 \pm 0,15$ (99%) punt. Deze mannelijke studenten beoordelen dus wat ze geleerd hebben tijdens de les met bijna een hele punt hoger. Dit is dus een overduidelijke stijging.



Figuur 7.22: de beoordeling van de categorie *leren* van de student.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: de jongens beoordeelden het lesgeven en hun leren hoger als er voorbeeldgestuurd werd lesgegeven. In 7.2.5 noemde ik al de geobserveerde grote lijn dat deze manier van lesgeven meisjes duidelijk aansprak. De geobserveerde grote lijnen samen rechtvaardigen het formuleren van de trend dat voorbeeldgestuurd lesgeven als lesmethode goed wordt beoordeeld door de studenten. In de volgende subparagraaf bespreek ik punten van aandacht om aan de hand van voorbeelden te leren lesgeven.

7.2.8 Aandachtspunten bij leren voorbeeldgestuurd lesgeven

Tijdens de voorbesprekingen en het volgen van de lessen kwam een aantal aandachtspunten naar voren bij het leren van voorbeeldgestuurd lesgeven.

1. Een docent begint een les zonder dat hij de beginsituatie duidelijk aangeeft.
2. Een docent start de les met enthousiast achter elkaar alle grote lijnen te geven.
3. Een docent gebruikt de zin "Straks zul je zien..." als hij pas na het geven van de grote lijnen een verduidelijkend voorbeeld zal geven.
4. De docent eindigt zijn les met voorbeelden.

Deze vier aandachtspunten licht ik toe met voorbeelden uit de lesvoorbereiding met Van der Wal.

Een docent begint soms de les zonder dat hij de (1) beginsituatie duidelijk aangeeft. Tijdens de voorbespreking werd de docent gedwongen de beginsituatie duidelijk weer te geven in plaats van ergens in zijn eigen gedachtewereld zomaar te beginnen. Na een licht wanhopige uitroep van mij "Waar heb je het over? Begin eens bij het begin", zei hij verontschuldigend lachend: "Misschien doe ik dat thuis ook wel." Niet alleen studenten begrijpen je niet als je zomaar ergens begint, maar anderen natuurlijk ook niet. Een docent zit zo goed in de stof, dat hij vergeet dat anderen daar niet zo mee bezig zijn. Het werd de docent al snel duidelijk dat als je begint met een voorbeeld je vanzelf de randvoorwaarden geeft waaronder het voorbeeld geldt. De aangenomen beginsituatie en de context van het probleem volgen op natuurlijke wijze door de les te starten met een voorbeeld.

Een docent begint enthousiast (2) achter elkaar alle grote lijnen te geven. Niet alleen de grote lijnen zelf zijn belangrijk, maar ook de samenhang. Vandaar dat het vaak nodig is vanuit het voorbeeld de grote lijnen tegelijkertijd uit te bouwen. Dan is een duidelijk bordgebruik van belang. Bij het vak Java, wat Van der Wal gaf, zijn vaak drie grote lijnen duidelijk aanwezig: je wilt weten welke *declaratie* je moet doen om de computer te vertellen welke gegevens er volgen, je moet de *implementatie* geven in de programmeertaal Java en je moet aangeven hoe de *aanroep* is van de verschillende programmaonderdelen. Iedere grote lijn uitbouwen op een deel van het bord lag voor de hand. Het bord werd dan ook verdeeld in vier kolommen. Eén kolom voor het voorbeeld waarmee gestart werd en waar tijdens de les steeds naar werd verwezen. Verder voor iedere grote lijn één kolom: de declaratie, de implementatie en de aanroep. Tijdens de les werden

de kolommen steeds verder opgebouwd. Bij een andere les wilde Van der Wal het verschil laten zien tussen het gebruik van objecten bij een *array*, een *list* en een *hashtable*. Ook daar werd het bord in vieren gedeeld: voor het voorbeeld, het gebruik van het *array*, de *list* en de *hashtable*. Bij zo'n duidelijk bordgebruik staat aan het eind van de les de hele theorie ordentelijk op het bord. De studenten konden die gebruiken tijdens het maken van de oefeningen aan het eind van de les. Dit deden ze ook veelvuldig. De studenten vertelden dat ze meer hadden aan zo'n goed uitgewerkt voorbeeld op het bord, dan dat ze de grote lijnen langs zagen flitsen op sheets die ook in hun dictaat stonden.

Een docent gebruikt (3) de zin "Straks zul je zien..." als hij pas na het geven van de grote lijnen een verduidelijkend voorbeeld zal geven. Wantrouw de uitspraak "straks zul je zien..." Het voorbeeld zal dan bijna altijd volgen na het geven van de grote lijnen. Van der Wal vertelde dat hij graag begon met de grote lijnen te vertellen, omdat hij niets wilde vergeten. Hij wilde zo volledig mogelijk zijn en dat kan alleen aan de hand van de abstracte grote lijnen waarin alles besloten ligt. Ook het tijdsaspect speelde daarbij een rol: "Met de grote lijnen kun je alles in één keer behandelen". Na de eerste voorbeeldgestuurde les had Van der Wal ervaren dat als het uitgewerkte voorbeeld op het bord stond, hij daarna heel vlot de grote lijnen kon aangeven. Door vervolgens met nog een voorbeeld de overeenkomsten en verschillen te bespreken, was hij verrassend snel klaar. Het kostte hem tot zijn verbazing niet meer tijd om, zonder haast, aan de hand van voorbeelden les te geven. Hij vond het zoeken naar en bespreken van die concrete relevante voorbeelden nog leuk ook.

De docent (4) eindigt zijn les met voorbeelden. Bij de voorbespreking begon Van der Wal steeds te vertellen wat de grote lijnen waren die hij wilde behandelen. De ene vraag die ik steeds herhaalde "Heb je ook een voorbeeld? Het liefst een nuttig" werkte gelukkig op zijn lachspieren. Te moeten beginnen met voorbeelden gaf hem echt het gevoel om 'van achteren naar voren' les te geven. Aan het eind van een voorbespreking stond de bordindeling in keurige kolommen op papier met het voorbeeld en de grote lijnen. Bij het zien daarvan riep Van der Wal lachend "Dit is leuk!" Van der Wal kent genoeg leuke voorbeelden die aanspreken, ook in de techniek.

De ervaring in het HBO met het geven van voorbeeldgestuurde lessen, is dat de docenten na een les of vier het voorbeeldgestuurd lesgeven aardig onder de knie hadden. De duur van de voorbesprekingen voor hoorcolleges van tweemaal drie kwartier varieerden van de eerste keer zo'n anderhalf uur tot de laatste keer een half uur. De docenten hadden er geen enkel probleem mee om voor de start van iedere les een concreet relevant voorbeeld te vinden.

Ondanks de vele leuke voorbeelden in de techniek kiezen maar weinig leerlingen voor een technische studie. De keuze van een technische studie is mogelijk na het kiezen van de exacte vakken in de basisvorming. Om te onderzoeken of voorbeeldgestuurd lesgeven ook in de basisvorming hogere beoordelingen krijgt, is onderzoek gedaan in HAVO-3 klassen bij het vak natuurkunde. De resultaten daarvan zijn weergegeven in de volgende paragraaf.

7.3 Effect van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3

De verwachting is dat voorbeeldgestuurd lesgeven het duidelijkst resultaat geeft bij de lessen in exacte vakken aan meisjes. Vandaar dat er in het voortgezet onderwijs gezocht is naar een docent natuurkunde die voorbeeldgestuurd lesgeven wilde uitproberen. Op de Woudschotenconferentie in Noordwijk, waar een paar honderd natuurkundeleraren ieder jaar in december over didactiek praten, ben ik in contact gekomen met een docent die natuurkunde geeft in het studiehuis van het Christelijk Scholengemeenschap Comenius te Leeuwarden. Hij gaf in het studiehuis echter nauwelijks klassikaal les, dus hij kon de lesmethode niet zelf uitproberen. Vandaar dat hij zijn collega Gerben van Hes heeft gevraagd aan het onderzoek mee te doen. Van Hes bleek direct bereid om de methode uit te proberen. Hij stond open voor vernieuwing en zeker voor mogelijke verbetering van zijn lessen.

Het onderzoek vond plaats gedurende een half jaar, van februari tot juni 2002. Van Hes gaf aan twee HAVO-3 klassen natuurkunde. Op maandag en donderdag gaf hij les aan h3a en op dinsdag en vrijdag aan h3e. De opzet van het exploratief onderzoek zou als volgt zijn.

- Van Hes zou alle lessen zelf geven.
- De onderzoeker zou aanwezig zijn tijdens alle lessen natuurkunde aan de klassen h3a en h3e.
- De evaluatieformulieren werden aan het eind van iedere les uitgedeeld door de onderzoeker, ingevuld door de leerlingen en terstond weer verzameld.
- De eerste twee weken zou Van Hes traditioneel lesgeven, zonder dat de resultaten meetelden voor het onderzoek. Dit gebeurde zo om de leerlingen te laten wennen aan de aanwezigheid van de onderzoeker en het moeten invullen van de evaluatieformulieren bij de natuurkundeles.
- Van Hes zou de lessen eerst geven in de ene klas zoals hij al jaren gewend was. Daarna zouden we tijdens een bespreking deze les aanpassen aan voorbeeldgestuurd onderwijs, om het effect te kunnen meten. Vervolgens zou Van Hes de aangepaste les geven aan de andere klas.
- De onderzoeker noteerde tijdens de les de gang van zaken. Daarbij werd, naast de lesinhoud, gelet op de interactie tussen de docent en de leerling(en). Om de genderspecifieke onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, werd genoteerd aan wie de docent een vraag stelde: aan een meisje, aan een jongen of in het algemeen. Bij de spontane reacties van de leerlingen werd genoteerd of het een meisje was die reageerde op de inhoud van de les, een jongen of een hele groep leerlingen.
- Als controle werden aan het begin, halverwege en aan einde van het halfjaar onderzoek lessen vergeleken waarbij geen aanpassingen waren gemaakt, het waren *dezelfde* lessen. De resultaten daarvan zouden van beide klassen gelijk moeten zijn met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van 95% of meer.

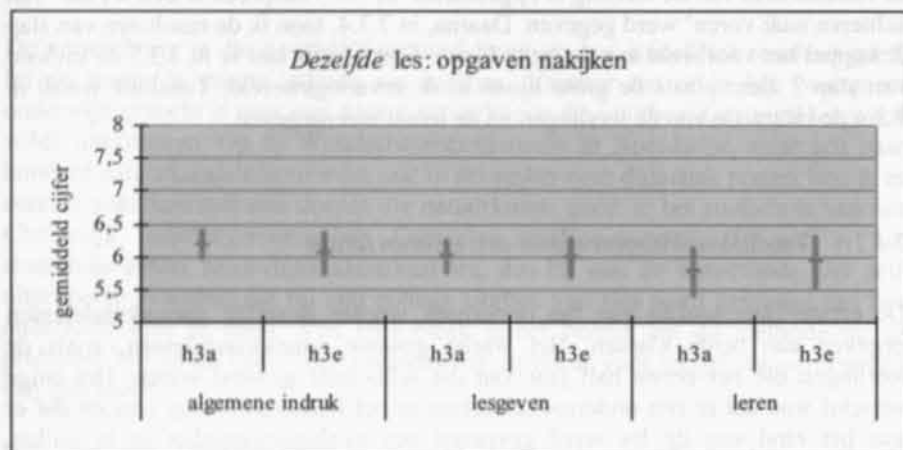
In 7.3.1 worden de resultaten van de beoordeling van lessen waarbij geen verandering werd aangebracht besproken. Vervolgens worden de resultaten gepresenteerd van lessen, waarbij in de herhaling wel veranderingen werden aangebracht. De verandering is in 7.3.2 dat tijdens de herhaling de les meer vanuit

de onzekerheid van de leerling is opgebouwd. In 7.3.3 bespreek ik een les die 'van achteren naar voren' werd gegeven. Daarna, in 7.3.4, toon ik de resultaten van stap 3: koppel het voorbeeld aan de grote lijnen. Vervolgens laat ik in 7.3.5 de invloed van stap 7 zien: plaats de grote lijnen in de ervaringswereld. Tenslotte wordt in 7.3.6 de interactie van de leerlingen en de leraar weergegeven.

7.3.1 *Traditioneel lesgeven door een ervaren leraar*

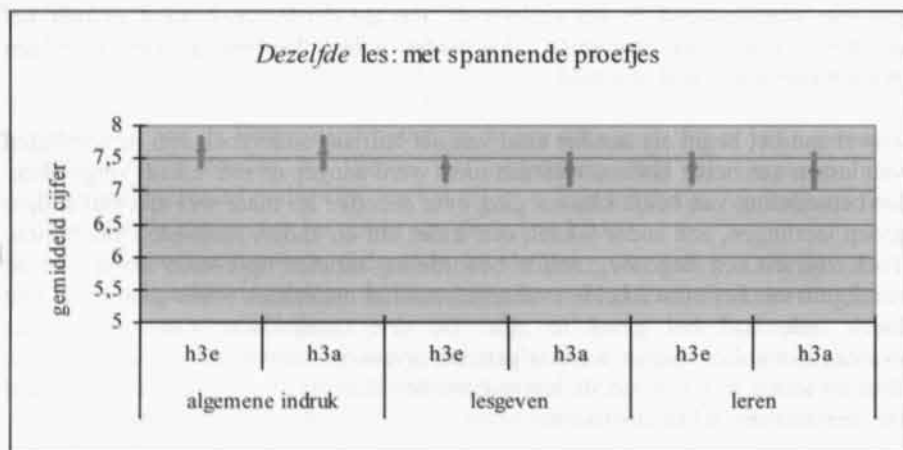
De eerste twee weken van het onderzoek werden dezelfde natuurkundelessen gegeven aan beide klassen. Het waren gewone natuurkundelessen, zoals de leerlingen die het eerste half jaar van dat schooljaar gewend waren. Het enige verschil was dat er een onderzoeker achter in het lokaal aanwezig was en dat er aan het eind van de les werd gevraagd een evaluatieformulier in te vullen. Sommige leerlingen vulden in de eerste lessen de formulieren een beetje angstig in, alsof ze het gevoel hadden dat ze de leraar gingen beoordelen en dat daar consequenties aan konden worden verbonden. Zowel de onderzoeker als de leraar benadrukten dat de leerlingen op de evaluatieformulieren konden invullen wat ze vonden. Het invullen gebeurde anoniem en het zou geen enkele consequentie hebben, noch voor de leraar noch voor henzelf. In beide klassen was de sfeer goed. Dit bleek ook uit de opmerkingen op het evaluatieformulier bij een aantal meisjes: "Van Hes is trots op ons". Zoals al is aangekondigd bij de opzet van het onderzoek, zijn de resultaten van de eerste weken waarin de leraar traditioneel les gaf niet meegerekend in het onderzoek. Pas de derde week werd er met het eigenlijke onderzoek begonnen, dus nadat iedere leerling al vier keer een evaluatieformulier had ingevuld.

Zowel aan het begin als aan het eind van het halfjaar onderzoek zijn de resultaten van lessen aan beide klassen waaraan niets werd aangepast met elkaar vergeleken. De beoordeling van beide klassen ging over *dezelfde* les maar wel met een andere groep leerlingen, een ander lokaal, een ander uur en andere invloeden van buiten. Toch zou dit een nagenoeg zelfde beoordeling moeten opleveren als je met de resultaten van het ontwikkelde evaluatieformulier onderzoek wilde gaan doen. Dat bleek inderdaad het geval te zijn. De drie categorieën waarover op het evaluatieformulier vragen werden gesteld, *algemene indruk* van de les, *lesgeven* door de leraar en *leren* van de leerling werden door h3a en h3e gelijk beoordeeld met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 95% (zie figuur 7.23).



Figuur 7.23: de beoordeling van een les aan h3a en *dezelfde* les aan h3e.

Bij een les met een volstrekt andere inhoud werd de volgorde van de klassen waaraan de les werd gegeven omgedraaid: eerst werd de les gegeven aan h3e en de daarna aan h3a. Ook daar bleek de beoordeling van beide klassen van *dezelfde* les gelijk te zijn met een statistische betrouwbaarheid van meer dan 95% (zie figuur 7.24).

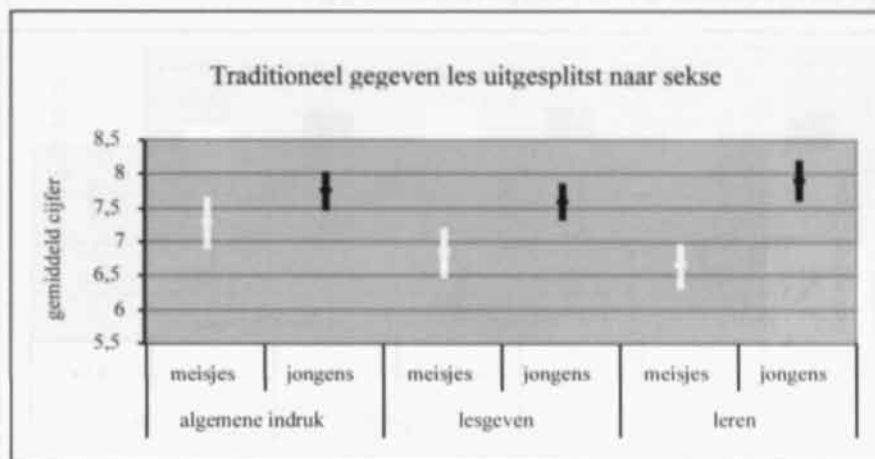


Figuur 7.24: de beoordeling van een les eerst gegeven aan h3e en *dezelfde* les aan h3a.

Aan het beoordelingsverschil tussen beide lessen is duidelijk te zien dat het om een geheel andere les gaat. Bij de les die is weergegeven in figuur 7.23 ligt de beoordeling van beide klassen in alle drie de categorieën rond de 6, en bij de les die is weergegeven in figuur 7.24 ligt de beoordeling van beide klassen rond de 7,5. De eerste beoordeling gaat over een les waarbij opgaven werden behandeld en de tweede beoordeling gaat over een les waarbij spannende proefjes werden getoond, zoals het doorslaan van de bliksem. Bij deze inhoudelijk sterk wisselende

natuurkundelessen kun je dus niet verschillende lessen met elkaar vergelijken, maar wel kun je de les met zijn herhaling onderling vergelijken.

Splitsen we de beoordeling van de les uit naar sekse, dan komen we bij een les die op de traditionele manier wordt gegeven steeds hetzelfde patroon tegen dat de beoordeling van de jongens hoger is dan de beoordeling van de meisjes (zie figuur 7.25). Dat geldt voor de beoordeling voor alle drie de categorieën *algemene indruk*, *lesgeven* en *leren*. Dit genderspecifieke beoordelingspatroon komt steeds voor bij traditioneel gegeven lessen, of de les nu hoog of laag wordt beoordeeld.



Figuur 7.25: de beoordeling van een traditioneel gegeven les uitgesplitst naar sekse.

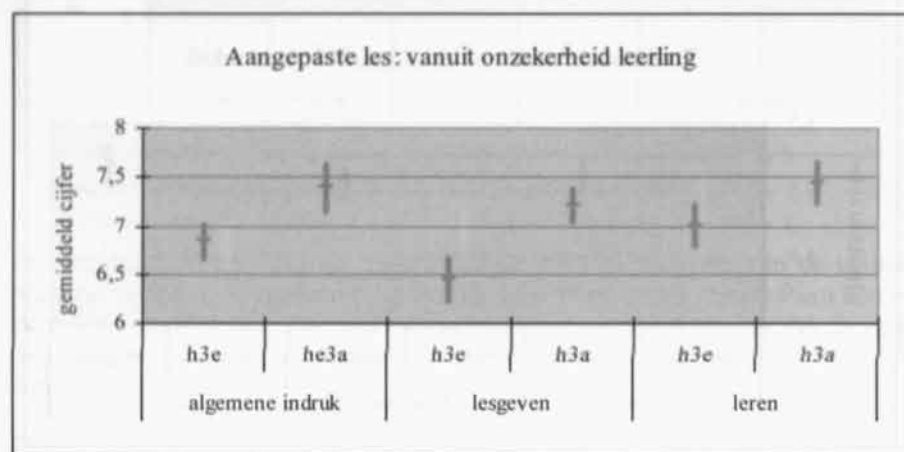
Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijnen: alleen lessen met dezelfde inhoud mogen worden vergeleken. Bij lessen die traditioneel werden gegeven was de beoordeling van de jongens hoger dan de beoordeling van de meisjes in alle drie de categorieën *algemene indruk*, *lesgeven* en *leren*.

7.3.2 Uitgaan van de onzekerheid van de leerling

Bij een practicumles is de beoordeling van de leerlingen meestal hoog. Dit bleek ook al in de vorige subparagraaf. Leerlingen beoordelen lessen die bestaan uit het nakijken van als huiswerk opgegeven opgaven veel lager. Bij de opmerkingen op het evaluatieformulier worden deze lessen vaak met *saai* aangeduid. De les kan echter veel boeiender gemaakt worden door niet van het goede antwoord op de vraag uit te gaan, maar van de onzekerheid van de leerling. Dat kun je als leraar bereiken door bij iedere opgave in plaats van te vragen "wat komt eruit?" te vragen "hoe heb je het aangepakt?" Zo wordt onderstreept dat niet het antwoord het belangrijkste is, maar de manier waarop de leerling aan het antwoord is gekomen. Er wordt dus vooral geleerd tijdens het uitvoeren van een opdracht of taak. Dit is de constructivistische benadering van leren. Bij klassikaal onderwijs is

het daarbij mogelijk dat de leraar eventuele ontstane misconcepties in mentale voorstellingen van de leerling helpt voorkomen.

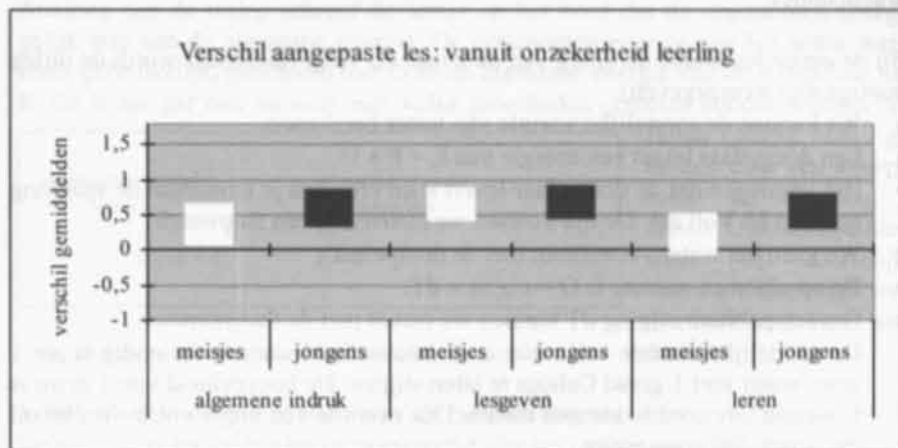
Bij een les waar opgaven werden nagekeken, hadden we afgesproken dat tijdens de eerste les de leraar de leerlingen om de beurt zou vragen "wat komt eruit?" Als het antwoord van de leerling niet correct was, zou de opgave door de leraar worden besproken. De meeste opgaven werden tijdens de les alsnog helemaal op het bord uitgewerkt. Tijdens de aangepaste les stelde de leraar de vraag: "hoe heb je het aangepakt?" Bij de resultaten van de leerlingen in figuur 7.26 is duidelijk te zien dat de beoordeling in alle categorieën omhoog gaat.



Figuur 7.26: de beoordeling waarbij de aangepaste les werd gegeven vanuit de onzekerheid van de leerling.

Bij de nabespreking van de les vertelde de leraar dat hij blij was niet alleen naar het antwoord te hebben gevraagd, maar ook naar de mentale voorstelling van de leerling. Een leerling moest bijvoorbeeld de vraag beantwoorden welke energieomzetting er plaatsvindt als het zonlicht op zonnepanelen valt. De leerling antwoordde: "Dat is een omzetting van zonne-energie naar beweging, dus kinetische energie...". De leraar keek verbaasd, want hij kon zich niet voorstellen dat de leerling verwachtte dat de op het dak vastgeschroefde zonnepanelen zouden gaan bewegen. De leerling vervolgde met de uitleg hoe hij er aan kwam "...want door de zonne-energie gaan de elektronen in de zonnepaneel bewegen, vandaar dus bewegingsenergie die je ook wel kinetische energie noemt". De leraar legde vervolgens deze leerling en zijn klasgenoten uit dat de elektronen inderdaad gaan bewegen door de zonne-energie, en dat daardoor een elektrische stroom ontstaat. Een elektrische stroom kan een elektrisch apparaat laten werken en wordt daarom gerekend tot elektrische energie. De energieomzetting van de zon op de zonnepanelen is dus van zonne-energie naar elektrische energie. De correcte voorstelling van de leerling moest nog worden aangevuld met de constatering dat de energie van de elektronen niet werd geleverd doordat hun beweging een kracht kon uitvoeren, maar doordat ze samen een elektrische stroom vormden. Door uit te gaan van de onzekerheid van de leerling werd op deze manier een mentale voorstelling aangevuld en daardoor een mogelijke *misconceptie* voorkomen.

De verschillen in gemiddelde beoordelingen van deze lessen, uitgesplitst naar sekse zijn weergegeven in figuur 7.27. De beoordelingen van zowel de meisjes als de jongens gaan omhoog met rond de $0,6 \pm 0,2$ punt. De statistische betrouwbaarheid is in de categorie *algemene indruk* bij de meisjes 91% en de jongens 98%, in de categorie *lesgeven* bij zowel de meisjes als de jongens meer dan 99% en in de categorie *leren* bij de meisjes 59% en de jongens 97%. De beoordeling van de meisjes in de categorie *leren* blijft achter.



Figuur 7.27: het verschil in gemiddelde beoordeling uitgesplitst naar sekse waarbij de aangepaste les uitging van de onzekerheid van de leerling.

Tijdens de nabespreking vertelde de leraar dat hij soms de neiging heeft direct naar het antwoord te vragen, omdat hij verwacht anders in tijdnood te komen aan het bespreken van de opgaven. Het tijdsverschil bleek echter gering te zijn. Bij de eerste les, waarbij hij alleen naar het antwoord vroeg, resteerde 12 minuten van de les. De leerlingen mochten deze tijd besteden aan het maken van hun huiswerk. De aangepaste les duurde zo'n 7 minuten langer; dat was dus gemakkelijk in de les op te vangen. Tijdens het nakijken van de als huiswerk gemaakte opgaven, werden nu zaken verteld door de medeleerlingen en de leraar waar je nog iets van kon leren. De spontaan genoteerde opmerking *saai* bij een eerdere les die uit hoofdzakelijk nakijken van opgaven bestond, kwam dan ook niet meer voor op de evaluatieformulieren van de les. Mogelijke misconcepties in een mentale voorstelling werden door de leraar ondervangen.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de benadering, waarbij werd uitgegaan van de onzekerheid van de leerling kreeg een significant hogere beoordeling van zowel de meisjes als de jongens.

7.3.3 Anti-didactische inversie

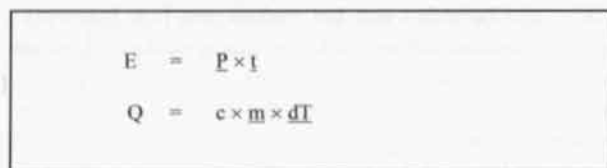
Eén van de essentiële punten van de methode is dat je niet achteraf een voorbeeld geeft maar aan het begin van de les. Veel docenten ervaren dat als 'van achteren

naar voren' lesgeven. De anti-didactische inversie (zie 3.4.4) verklaar ik door te veronderstellen dat leraren liever vanuit hun eigen zekerheid deductief lesgeven, dan uitgaand van de onzekerheid van de leerling inductief lesgeven. Als voorbeeld noem ik een practicumleiding waarbij tijdens de herhaling van de les 'van achteren naar voren' werd lesgegeven. De leraar begon de les met een uitleg wat de leerlingen tijdens het practicum moesten doen. De uitleg was niet zo lang, een minuut of 10. Daarna volgde bij beide klassen een enthousiast uitgevoerde practicumles.

Bij de eerste les luidde de uitleg van de leraar als volgt (hieronder wordt de uitleg puntsgewijs weergegeven).

- We kunnen de soortelijke warmte van water berekenen.
- Een pompelaar levert een energie van $E = P \times t$.
- Het vermogen dat de pompelaar levert staat erop, als je tenminste de spanning goed op 15 Volt zet. De tijd kunnen we meten met een stopwatch.
- We gaan het water verwarmen met de pompelaar.
- De opgenomen warmte is $Q = c \times m \times dT$.
- Een temperatuurstijging dT kunnen we meten met de thermometer.
- De soortelijke warmte van water is de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 gram water met 1 graad Celsius te laten stijgen. De hoeveelheid van 1 gram is te weinig om goed te kunnen meten. Dus neem je een kopje vol, zo'n 200 ml dat is dus 200 gram water.
- We willen vandaag de soortelijke warmte c van water nameten. Die kunnen we bepalen doordat de opgenomen energie van het water gelijk is aan de afgestane energie van een pompelaar.

Terwijl de leraar sprak, schreef hij de twee formules op het bord (zie figuur 7.28). Steeds als hij een grootheid noemde die bepaald kon worden, zette hij er een streep onder. Uiteindelijk bleef alleen de soortelijke warmte c over zonder streep



$$E = P \times t$$

$$Q = c \times m \times dT$$

Figuur 7.28: het bord na de eerste uitleg.

die je met behulp van de beide formules kon berekenen. Want de energie E die werd afgestaan door de pompelaar was gelijk aan de opgenomen energie Q door het water.

Bij de herhaling van de les aan h3a bracht de leraar de uitleg 'van achteren naar voren'. Hieronder geef ik het opnieuw puntsgewijs weer.

- We willen vandaag de soortelijke warmte c van water nameten. Die kunnen we bepalen doordat de opgenomen energie van het water gelijk is aan de afgestane energie van een pompelaar.
- De soortelijke warmte van water is de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 gram water met 1 graad Celsius te laten stijgen. De hoeveelheid van 1 gram is te weinig om goed te kunnen meten. Dus neem je een kopje vol, zo'n 200 ml dat is dus 200 gram water.
- Een temperatuurstijging dT kunnen we meten met de thermometer.

- De opgenomen warmte is $Q = c \times m \times dT$.
- We gaan het water verwarmen met de pompelaar.
- Het vermogen dat de pompelaar levert staat erop, als je tenminste de spanning goed op 15 Volt zet. De tijd kunnen we meten met een stopwatch
- Een pompelaar levert een energie van $E = P \times t$.
- We kunnen (nu) de soortelijke warmte van water berekenen.

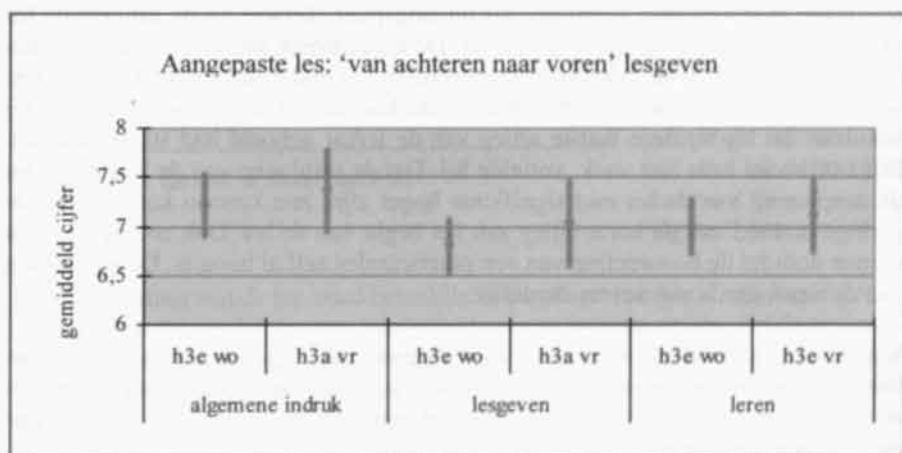
Analoog aan de uitleg schreef de leraar op het bord dat de opgenomen energie gelijk was aan de afgestane energie. De opgenomen energie van het water werd, zoals gebruikelijk, genoteerd met Q en de afgestane energie van de pompelaar met E . De leraar gaf ook nu weer aan welke grootheden gemeten konden worden (zie

| | | |
|------------------------|---|-------------------|
| opgenomen energie | = | afgestane energie |
| water | | pompelaar |
| Q | = | E |
| $c \times m \times dT$ | = | $P \times t$ |

figuur 7.29). Dit gebeurde door een streepje onder de afkorting te zetten. Uiteindelijk bleef weer de soortelijke warmte c als enige over die berekend kon worden.

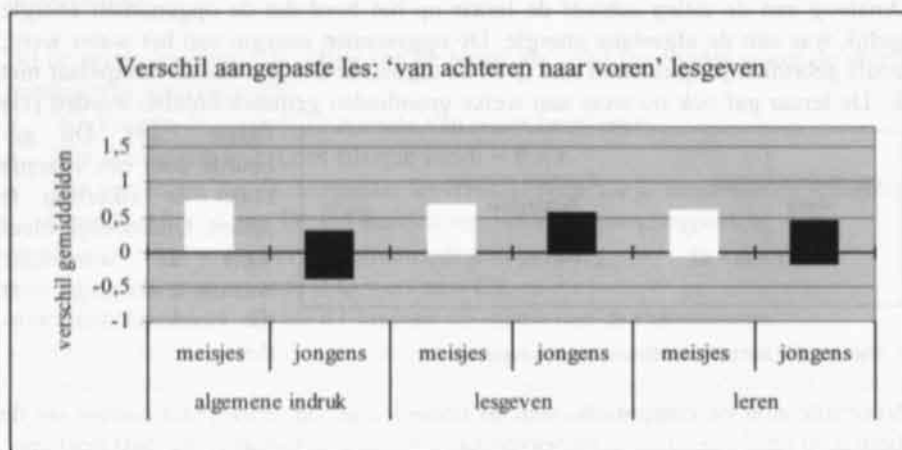
Figuur 7.29: het bord na afloop van de aangepaste les.

Voor alle drie de categorieën was de beoordeling van deze practicumles bij de herhaling iets hoger dan bij de oorspronkelijke les (zie figuur 7.30). Niet heel veel, maar de tijd en dus de invloed van de korte uitleg aan het begin van een practicumles was slechts heel beperkt. Daarna werd in beide klassen enthousiast practicum gedaan. Dat er enig glaswerk sneuvelde ging niet expres, maar maakte het practicum wel spannender. Het zelf practicum doen, bepaalde zo voor een groot deel de algemene indruk van de les en niet de korte uitleg van de leraar aan het begin van de les.



Figuur 7.30: de beoordeling van de practicumles en de aangepaste les.

Het verschil in gemiddelde van de beoordeling uitgesplitst naar sekse van beide lessen is bij de meisjes weer hoger dan bij de jongens (zie figuur 7.31). In de categorie *algemene indruk* scoren de meisjes in de aangepaste les significant hoger dan in de oorspronkelijke les, want het gehele betrouwbaarheidsinterval ligt boven de 0. Bij de jongens is de beoordeling van beide lessen voor die categorie gelijk. In de categorie *lesgeven* beoordelen zowel bij de meisjes als de jongens de aangepaste les iets hoger. In de categorie *leren* ook.



Figuur 7.31: de beoordeling van de practicumles en de aangepaste les uitgesplitst naar sekse.

Na afloop van de herhaling van deze practicumles vroeg de leraar aan mij "Was dit de bedoeling?" Ik antwoordde "Ja, maar wat vond je er zelf van?" De leraar zei dat hij het op deze manier veel prettiger vond lesgeven. Minder formalistisch en meer op zijn gevoel. In de oorspronkelijke les nam hij de formules die de leerlingen moesten gaan gebruiken als uitgangspunt. Terwijl hij de aangepaste les opbouwde vanuit wat er gebeuren moest. De amanuensis, die de practicumspullen aan het opruimen was, hoorde onze bespreking. Zonder dat de amanuensis iets wist over het doel waarmee ik achter in de klas de les bijwoonde, vertelde hij spontaan dat hij bij deze laatste uitleg van de leraar geboeid had staan luisteren. Dat overkwam hem niet vaak, vertelde hij. Dat de resultaten van de leerlingen bij de aanpassing van de les niet significant hoger zijn, zou kunnen komen door de geringe invloed van de korte uitleg aan het begin van de les. Ook zou het kunnen komen doordat de beoordeling van een practicumles zelf al hoog is. De opmerking van de amanuensis was echter duidelijk.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: als je vanuit de voorbeelden wilt overbrengen wat de bedoeling is, komt dat voor sommige leraren over als 'van achteren naar voren' lesgeven, maar de les komt dan wel boeiender over volgens een objectieve ervaren toehoorder.

7.3.4 Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen

Een belangrijke stap van voorbeeldgestuurd lesgeven is stap 3: koppel het voorbeeld aan de grote lijnen. Stap 3 van de lesmethode wordt in de leermethode door twee stappen weergegeven: verwoord de voorbeelden en deel de verwoording op in kleinst mogelijke zinnen zonder informatieverlies. Tijdens stap 3 van de lesmethode moet de leraar dus met de kleinst mogelijke stappen het voorbeeld beschrijven en de grote lijnen daarvan afleiden. Als voorbeeld van deze stap van de methode bespreek ik een natuurkundeles waarbij het begrip arbeid wordt uitgelegd.

De leraar begon de les met het pakken van een stoel en vroeg een leerling daarop plaats te nemen. Hij vroeg aan de klas, terwijl hij de stoel met de leerling erop een meter voortsleepte: "Ik moet een bepaalde hoeveelheid arbeid leveren om deze stoel met leerling een meter vooruit te slepen. Hoeveel arbeid moet ik leveren als ik de combinatie 3 meter vooruit te slepen?" De leraar sleepte vervolgens de stoel met leerling het hele lokaal door, wat grote hilariteit in de klas tot gevolg had. Het antwoord op de vraag werd door vele leerlingen gegeven "Drie keer zo veel!" Daarna pakte de leraar nog een stoel en vroeg een andere leerling daarop plaats te nemen. De leerling op de eerste stoel moest de stoel met de andere leerling erop goed vasthouden. De leraar begon vervolgens deze trein van twee stoelen voort te slepen. "Als ik nu twee combinaties van stoelen en mensen 1 meter moet voortslepen, hoeveel energie kost dat dan in vergelijking met als ik één combinatie voortsleep?" Weer was het antwoord snel gegeven "twee keer zo veel". "En als ik twee stoelen 3 meter moet slepen?" Ook die vraag werd in koor door de leerlingen goed beantwoord met "6 natuurlijk!" Terwijl de leraar naar het bord liep, zei hij "dus als de kracht $2 \times$ zo groot wordt, moet ik $2 \times$ zoveel arbeid verrichten. En als de afstand $3 \times$ zo groot wordt, moet ik $3 \times$ zoveel arbeid verrichten. Dat kunnen we

mooi in een formule zetten. We wisten al dat we de arbeid aangeven met W , de kracht met F en de afgelegde afstand met s ." En hij schreef op het bord $W = F \times s$ (zie figuur 7.32).

| | | | |
|--------|-----|------------|---------|
| arbeid | | kracht | afstand |
| W | $=$ | $F \times$ | s |

Figuur 7.32: het bord na afloop van de les.

Bij de herhaling van de les werd hetzelfde eenvoudige voorbeeld van leerlingen op stoelen gebruikt om het leveren van arbeid voor te kunnen stellen. Bij de herhaling gebruikte de leraar, tijdens het geven van het voorbeeld, echter het bord (figuur 7.33) om de essentie van wat gezien werd op te schrijven. De belangrijke zaken voor het leveren van arbeid werden in woorden als kopje van kolommen op het bord geschreven, namelijk de kracht die nodig was en de afgelegde afstand. Daar onder werd de eenheid waarmee dat ging gebeuren, genoteerd: voor de benodigde kracht waren dat stoelen met een leerling erop en de afgelegde afstand in meters. Op het bord werd ingevuld dat je voor het slepen van 1 stoel over 1 meter 1 bepaalde kracht nodig had. Daarna werd op het bord aangegeven dat bij het slepen

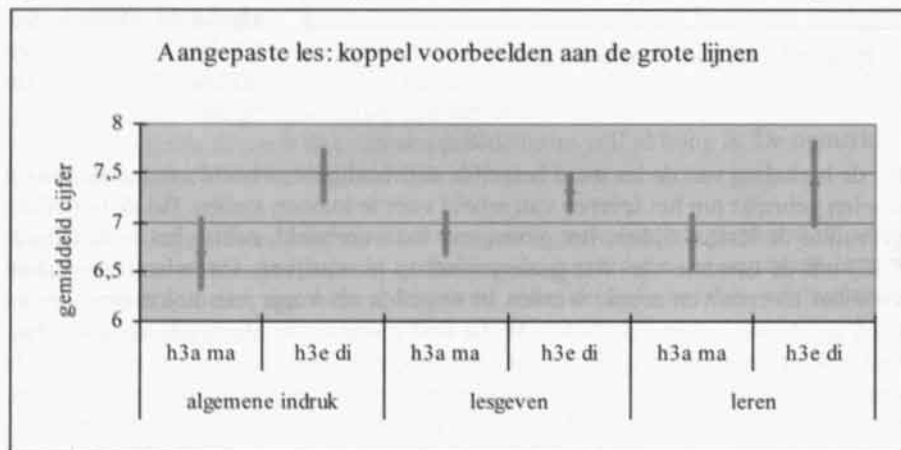
| arbeid | kracht (stoel met leerling) | afstand (meter) |
|--------|-----------------------------------|--------------------|
| 3x | 1 | 3x |
| 2x | 2x stoel | 1 |
| 6x | 2x | 3x |
| W | = F | x s |

Figuur 7.33: de uitwerking op het bord om de voorbeelden te koppelen aan de grote lijn (formule).

van een stoel over 3 meter in plaats van 1 meter de afgelegde afstand 3x zo groot was en de geleverde arbeid ook. Bij het slepen van twee stoelen met leerlingen over dezelfde afstand van 1 meter werd op het bord genoteerd dat de geleverde arbeid 2x zo groot was als de benodigde kracht ook 2x zo groot was. Als

laatste werden de afkortingen van arbeid, kracht en afgelegde afstand in de kolommen genoteerd en de vraag gesteld of de leerlingen wellicht een handige formule voor arbeid konden weergeven. Dat lukte gemakkelijk: $W = F \times s$. Tijdens deze herhaling van de les was er nauwelijks verschil aanwezig met de eerste les, behalve dan dat de essentie van het voorbeeld op het bord stond. Tijdens het overschrijven van het bord bij de herhaling van de les was het verrassend stil. Na de hilariteit van het slepen van leerlingen op stoelen door het lokaal werd nu de *theorie* van het bord in het schrift overgenomen. De opmerking van de leraar klonk mogelijk nog na in hun oren "Als je deze formule begrijpt, hoef je hem eigenlijk niet te leren, dan kun je hem zo weer afleiden. Maar bij de rekenopgaven is hij natuurlijk wel handig als je hem uit je hoofd kent." Begrijpen deden die leerlingen de formule prima, want slepen met wat stoelen door het lokaal is een mentale voorstelling die de leerling zich zo weer voor de geest kan halen.

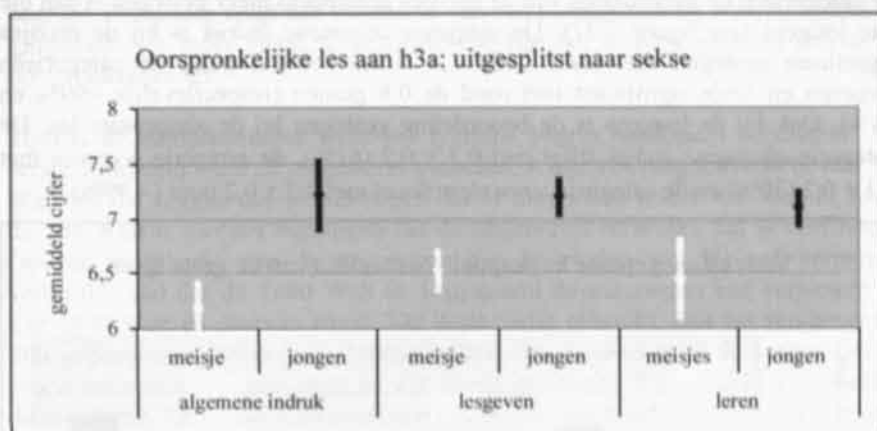
De eerste les werd gegeven aan de klas h3a op maandag en de herhaling van de les werd gegeven aan h3e op dinsdag. Per categorie *algemene indruk*, *lesgeven* en *leren* is het gemiddelde van de beoordeling van de leerlingen weergegeven in figuur 7.34. In alle drie de categorieën is de beoordeling van de herhaling aan de



Figuur 7.34: voorbeelden koppelen aan de grote lijnen.

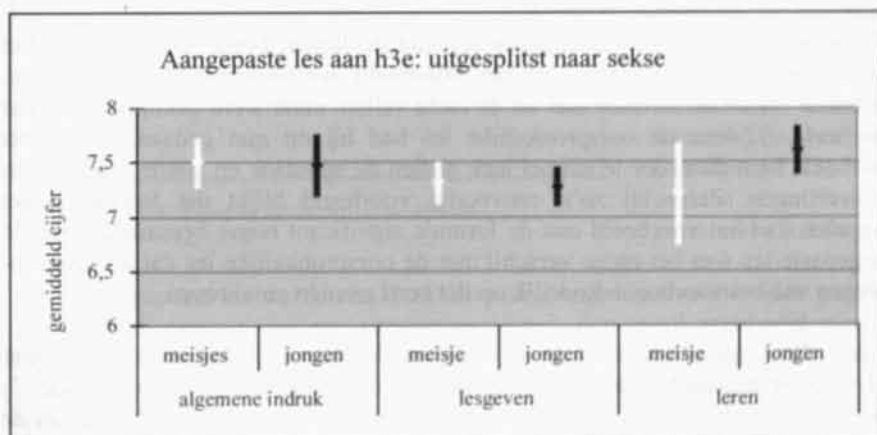
hand van voorbeeldgestuurd lesgeven hoger dan de beoordeling van de les zoals die eerst werd gegeven.

Bekijken we de beoordeling uitgesplitst naar sekse, dan zien we bij de klas h3a, waar de les de eerste keer werd gegeven, het patroon zoals dat steeds weer voorkomt (zie figuur 7.35). Namelijk dat bij een les die traditioneel wordt gegeven, de beoordeling van de meisjes in alle drie de categorieën een stuk lager is dan de beoordeling van de jongens die in dezelfde klas en les zaten.



Figuur 7.35: de beoordeling van de traditioneel lesgeven uitgesplitst naar sekse.

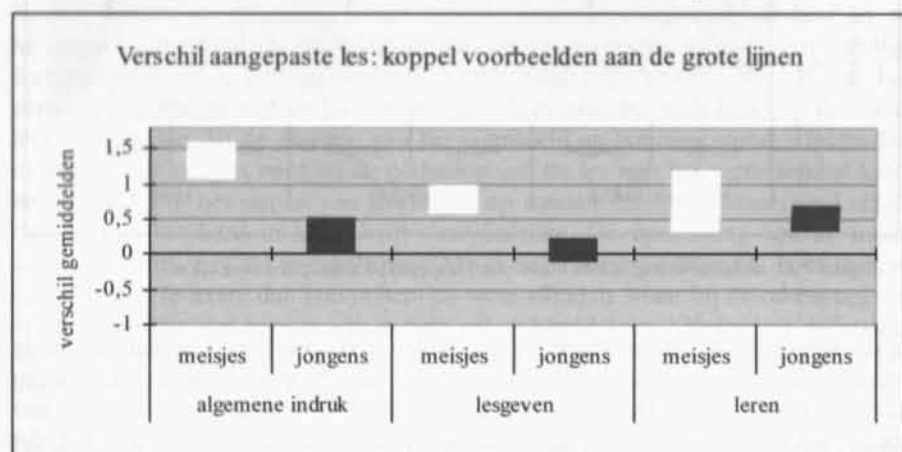
In de aangepaste les die aan h3e werd gegeven, ligt zowel de beoordeling van de jongens als de beoordeling van de meisjes hoger dan bij de oorspronkelijke les aan h3a (zie figuur 7.36). Dat volgt ook al uit figuur 7.34 waar beide klassen met elkaar zijn vergeleken. Wat verder duidelijk opvalt, is dat het *normale* patroon, dat meisjes een les natuurkunde lager beoordelen dan jongens, nagenoeg verdwenen is. In de categorie *algemene indruk* en *lesgeven* is de beoordeling van de meisjes



Figuur 7.36: de beoordeling van de aangepaste les uitgesplitst naar sekse

nu gelijk aan die van de jongens. In de categorie *leren* beoordelen de meisjes de les nog steeds iets lager dan de jongens. Bij deze categorie *leren* is de spreiding van het betrouwbaarheidsinterval bij de meisjes een stuk groter dan die bij de jongens; hetgeen een uiting zou kunnen zijn van de onzekerheid van de meisjes, zeker bij zo'n vak als natuurkunde.

Combineren we de gegevens van de figuren 7.35 en 7.36 door per sekse het verschil in gemiddelde van beide klassen te vergelijken, dan blijkt dat in alle drie de categorieën de beoordeling van de meisjes gemiddeld meer gestegen is dan die van jongens (zie figuur 7.37). De categorie *algemene indruk* is bij de meisjes significant gestegen met maar liefst $1,4 \pm 0,3$ ($>99\%$) punt, de categorieën *lesgeven* en *leren* significant met rond de 0,8 punten (respectievelijk $>99\%$ en 95%). Ook bij de jongens is de beoordeling gestegen bij de aangepaste les. De categorie *algemene indruk* stijgt met $0,3 \pm 0,2$ (61%), de categorie *lesgeven* met $0,1 \pm 0,2$ (30%) en de categorie *leren* significant met $0,5 \pm 0,2$ punt ($> 99\%$).



Figuur 7.37: het verschil in gemiddelde beoordeling uitgesplitst naar sekse.

Bij de nabespreking van aangepaste les met de leraar, bleek dat voor hem het opschrijven van de essentie van het voorbeeld een stuk prettiger overkwam. Daardoor kwam de formule niet uit de lucht vallen, maar werd gekoppeld aan het voorbeeld. Tijdens de oorspronkelijke les had hij dit niet gedaan, omdat het voorbeeld hem daarvoor te simpel leek gezien de spontane en goede reacties van de leerlingen. Zelfs bij zo'n eenvoudig voorbeeld blijkt dat leerlingen het koppelen van het voorbeeld aan de formule significant hoger beoordelen. Bij de aangepaste les was het enige verschil met de oorspronkelijke les dat de tussenresultaten van het voorbeeld duidelijk op het bord werden geschreven.

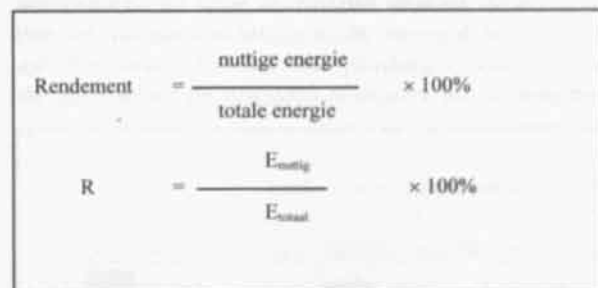
Vanuit de vorige observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijn: toen vanuit het voorbeeld duidelijk de koppeling werd aangegeven naar de formule (stap 3) steeg de beoordeling door de leerlingen significant. Zeker de beoordeling van de meisjes steeg fors, maar die van de jongens voor wat ze leerden ook.

7.3.5 Plaats de grote lijnen in de ervaringswereld

Het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs is dat de grote lijnen geplaatst worden in de ervaringswereld van de leerling (zie 3.4.5). Dit vindt plaats in stap 7 waar de overeenkomsten en verschillen van de voorbeelden worden bediscussieerd tijdens de verduidelijkingsdialoog. Het liefst worden ook metagrammaticale voorbeelden uit een ander kennisveld besproken. Dat zijn voorbeelden die komen uit de ervaringwereld van de leerling en die de leerling begrijpt. Hieronder volgt een voorbeeld van een natuurkundeles waarbij tijdens de aangepaste les meer metagrammaticale voorbeelden werden gegeven dan in de oorspronkelijke les.

Tijdens de natuurkundeles werd het fysische begrip *rendement* behandeld. Als eerste voorbeeld werd de magnetron genoemd. Als je een magnetron hebt van 700 Watt wil dat zeggen dat het vermogen dat de magnetron levert 700 Watt is. Maar de 700 Watt is niet het vermogen dat de magnetron verbruikt, dat is veel hoger. Op het typeplaatje van de magnetron kun je vinden wat hij aan vermogen verbruikt. Stel dat dit 1400 Watt is. Dan neemt de magnetron een vermogen op van 1400 Watt en daarvan wordt 700 Watt nuttig gebruikt. Dus het rendement is 700 gedeeld door 1400 maal 100% is 50%. Het rendement is de verhouding in procenten van wat je erin stopt en wat er nuttig uitkomt. Een tweede voorbeeld is de gloeilamp. Een gloeilamp heeft een rendement van slechts 5 %. Dat wil zeggen dat slechts 5% van het vermogen dat de gloeilamp opneemt daadwerkelijk wordt omgezet in licht. De andere 95% gaat verloren aan warmte. De 5% is een laag rendement. Toch is dit lage rendement geen reden om gloeilampen niet te gebruiken, want dat lampen licht geven in het donker is toch echt nuttig. De opkomst van andere lampen dan gloeilampen, spaarlampen, is natuurlijk niet verbazingwekkend. Het rendement is dus de verhouding van de energie die er

nuttig uitkomt en de energie die je erin stopt. Deze verhouding moet je dan weergegeven in procenten, dus de breuk vermenigvuldigen met 100%. Uiteindelijk stond de formule op het bord (zie figuur 7.38), zowel in tekst als in formulevorm met afkortingen.

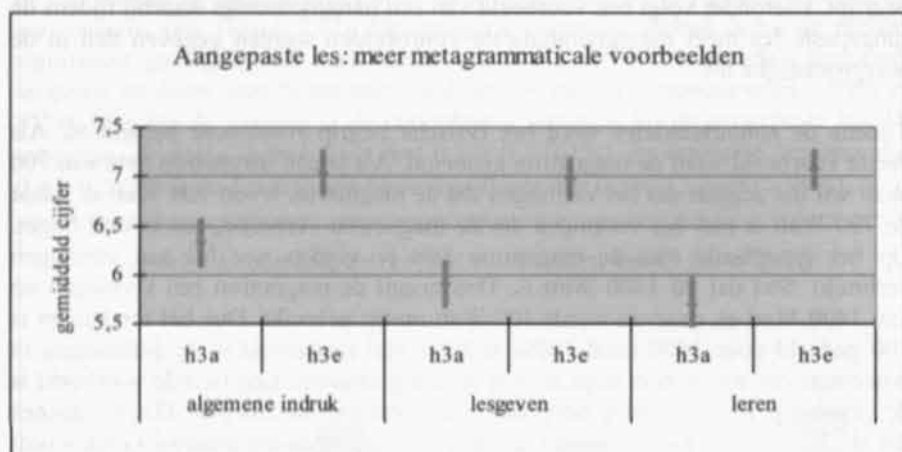

$$\begin{array}{lcl} \text{Rendement} & = & \frac{\text{nuttige energie}}{\text{totale energie}} \times 100\% \\ \\ R & = & \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} \times 100\% \end{array}$$

Figuur 7.38: de uitleg op het bord over rendement.

Bij de aangepaste les werden na dezelfde uitleg nog meer voorbeelden gegeven, zoals het rendement van een verwarmingsketel. Een mooi voorbeeld was een hoogrendementsketel van 85%, die een veel hoger rendement heeft dan de gloeilamp. Een ander voorbeeld was het rendement van zonne-energie. Voorts werden ook metagrammaticale voorbeelden gegeven uit een ander kennisveld, zoals het rendement van het beleggen van geld met de risico's die je daarbij loopt. Ook werd het rendement van huiswerk maken besproken en het rendement van het volgen van de les. "Als je ondertussen een ander vak zit na te kijken, dan is het

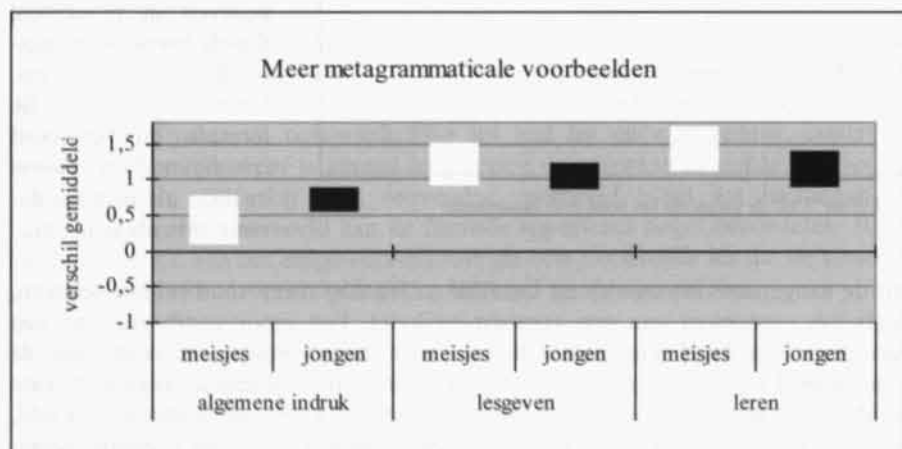
rendement van deze natuurkundeles natuurlijk niet zo hoog. Jammer”, zo sprak de leraar een rood aanlopende leerling toe die onder tafel met een boek Frans op zijn schoot zat. Op speelse wijze volgden extra metagrammaticale voorbeelden tijdens deze aangepaste les.

Vergelijken we de resultaten van de beoordeling van de beide lessen, dan zien we (zie figuur 7.39) dat de beoordeling van de les met extra metagrammaticale voorbeelden in alle drie de categorieën aanzienlijk hoger is.



Figuur 7.39: beoordeling waarbij bij aangepaste les meer metagrammaticale voorbeelden werden besproken.

De stijging van de gemiddelde beoordeling uitgesplitst naar sekse geeft aan (figuur 7.40) dat de beoordeling van de meisjes aanzienlijk stijgt bij de categorie *lesgeven* en *leren*. De beoordeling van *lesgeven* stijgt gemiddeld significant met $1,2 \pm 0,3$ punt ($> 99\%$) en het *leren* zelfs significant met $1,5 \pm 0,3$ punt ($> 99\%$). Ook de beoordeling bij de jongens in de categorie *lesgeven* en *leren* stijgt de



Figuur 7.40: het verschil in gemiddelde beoordeling uitgesplitst naar sekse.

beoordeling significant met meer dan een hele punt: respectievelijk $1,1 \pm 0,2$ (>99%) en $1,2 \pm 0,2$ (>99%).

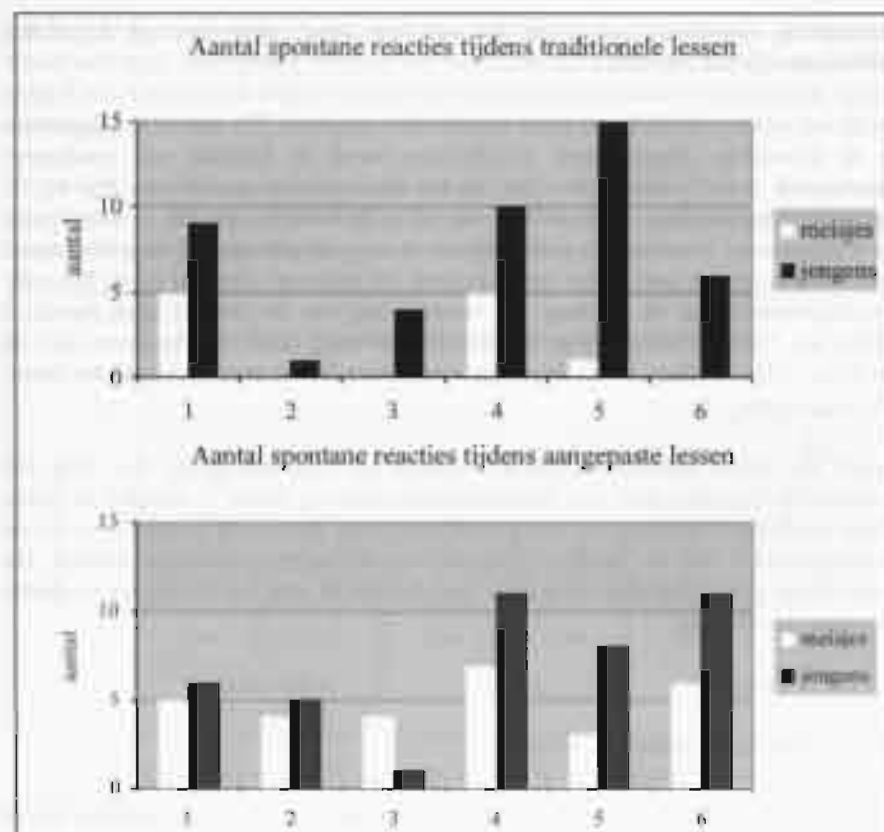
Bij de les werden beide keren twee voorbeelden gegeven. Dit waren de magnetron en de gloeilamp. Vanuit deze voorbeelden werd de formule van rendement opgebouwd, waarbij de voorbeelden op het bord werden geschreven. Pas bij de verduidelijkingsdialoog ontstond het verschil in de beide lessen. Bij de aangepaste les werden meer voorbeelden genoemd uit de natuurkunde en ook nog een aantal voorbeelden uit een heel ander kennisgebied. Ze kwamen allemaal uit de bekende ervaringswereld van de leerling. De beoordeling van de meisjes nam daardoor enorm toe. Ook de beoordeling van de jongens steeg sterk. Het lesgeven aan de hand van voorbeelden uit het dagelijks leven beoordelen meisjes bijzonder hoog. En jongens ook.

Vanuit de vorige observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijn: door het lesgeven te besluiten met een verduidelijkingsdialoog (stap 7) waarbij de grote lijnen werden getoetst aan nog meer voorbeelden en vooral ook voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling, ging de beoordeling met sprongen vooruit. De beoordeling van de meisjes steeg meer dan die van de jongens. Flink stijgen deden ze echter bij allemaal.

7.3.6 *Interactie tijdens de lessen*

Uit voorgaande resultaten blijkt dat, als er aan de hand van voorbeelden wordt lesgegeven, vooral de beoordeling van de meisjes stijgt. De verwachting is dan ook dat een les die voorbeelden uit hun ervaringswereld gebruikt, meisjes meer aanspreekt dan jongens. Meisjes worden daardoor meer bij de les betrokken en durven spontaner te reageren. Bij het onderzoek is daarom de spontane reactie van meisjes, en ook van jongens, gemeten. Onder een spontane reactie wordt verstaan dat de leerling uit zichzelf een vraag stelt of opmerking maakt over de lesstof. Om de interactie in de klas volledig in kaart te brengen is ook genoteerd aan wie de leraar tijdens de les een vraag stelt, aan een meisje of een jongen.

Van zes lessen die zowel traditioneel als aangepast werden gegeven, zijn in figuur 7.41 de spontane reacties van de meisjes en jongens getoond. Om de spontane reactie bij de les en de herhaling goed te kunnen vergelijken, zijn ze vlak boven elkaar weergegeven. De lessen zijn genummerd 1 tot en met 6. In het bovenste deel van het figuur zien we dat tijdens de zes traditionele lessen het aantal spontane reacties van de jongens aanzienlijk groter was dan die van de meisjes. In de helft van de lessen was er zelfs geen enkel meisje met een spontane reactie. In het onderste gedeelte van het figuur zien we dat bij de herhaling van deze 6 lessen het aantal reacties van de jongens nagenoeg even groot is. Het aantal reacties van de meisjes is bij de aangepaste lessen gestegen, in vergelijking met de eerste keer dat de les werd gegeven.



Figuur 7.41: de spontane reacties tijdens de les uitgesplit naar sekse voor 6 lessen: boven de lessen traditioneel gegeven, onder voorbeeldgestuurd

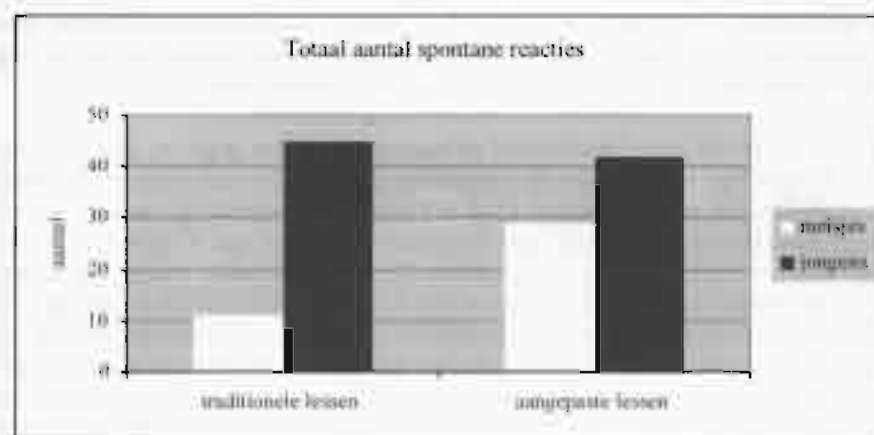
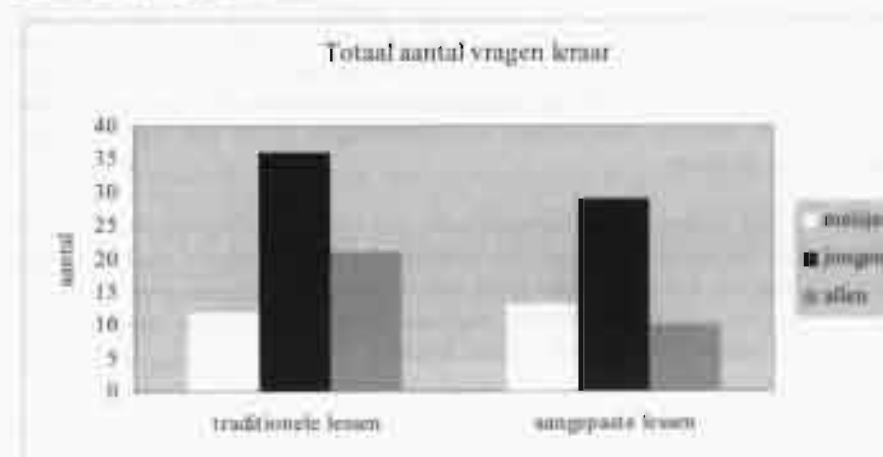


Fig. 7.42: de spontane reacties tijdens de les uitgesplit naar sekse gesommeerd over 6 lessen.

Het aantal spontane reacties van de meisjes en de jongens van de zes lessen zijn in figuur 7.42 bij elkaar opgeteld, om een duidelijk beeld te krijgen. We zien dat het aantal spontane reactie van de jongens tijdens de traditionele lessen en tijdens de aangepaste lessen vrijwel gelijk is, respectievelijk 45 en 42. Het aantal spontane reacties van de meisjes is gestegen van 11 tijdens de traditionele lessen naar 29 bij de aangepaste lessen. Het aantal spontane reacties van de meisjes is meer dan verdubbeld bij de lessen die voorbeeldgestuurd worden gegeven.

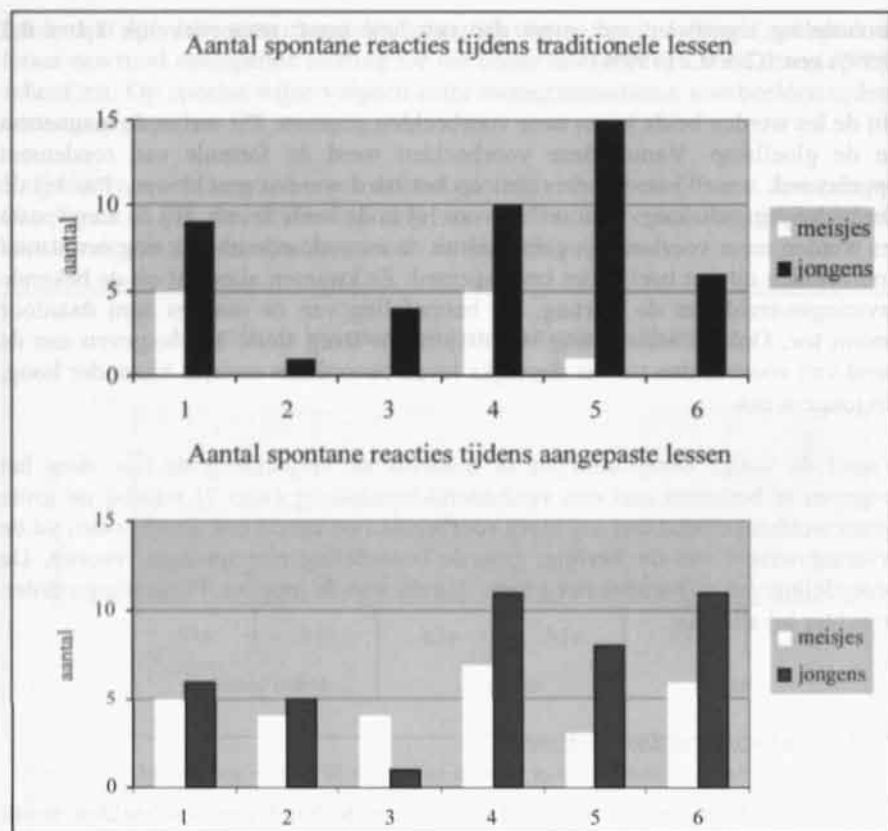
Vanuit deze observatie zie ik de volgende grote lijn: bij lesgeven aan de hand van voorbeelden uit hun ervaringswereld kwamen meisjes met aanzienlijk meer spontane reacties tijdens de les.

Niet alleen de spontane reacties van de leerlingen zijn belangrijk voor de les, maar ook de interactie met de leraar. Van Hes vond het een prettige manier om aan de hand van vragen de les op te bouwen. Zijn vragen waren meestal gericht aan één leerling, soms ook aan de hele klas. Van hetzelfde zetal lessen als hierboven genoemd is gemeten of de vraag van de leraar gericht was aan een meisje, een jongen of aan de hele klas. Om ook hier een duidelijk beeld te krijgen zijn de aantallen gesommeerd over alle zes de lessen (zie figuur 7.43). Opvallend is, maar volgens de literatuur gaat het hier om een vaak voorkomend fenomeen (zie 6.5.1), dat het aantal vragen dat de leraar aan jongens stelt veel hoger is dan het aantal vragen aan meisjes. Duidelijk is te zien dat de structuur van de totalen bij de traditioneel gegeven en de aangepaste lessen niet echt verandert. Het aantal jongens dat een vraag van de leraar krijgt, blijft veel hoger, zowel als de leraar op zijn eigen manier lesgeeft als wanneer hij dat voorbeeldgestuurd doet. Dat is natuurlijk ook niet echt verrassend, want de leraar zelf verandert natuurlijk niet, alleen de lesvolgorde verandert.



Figuur 7.43: het aantal vragen van de leraar gericht aan meisjes, jongens of allen gesommeerd over 6 lessen en de aangepaste lessen.

Bij het napraten over de resultaten was Van Hes verbaasd over het grote verschil in aantal vragen dat hij aan meisjes en jongens stelde. Dat had hij zelf helemaal niet in de gaten. Tijdens de nabespreking van een les waar hij wel merkte dat hij



Figuur 7.41: de spontane reacties tijdens de les uitgesplitst naar sekse voor 6 lessen; boven de lessen traditioneel gegeven, onder voorbeeldgestuurd

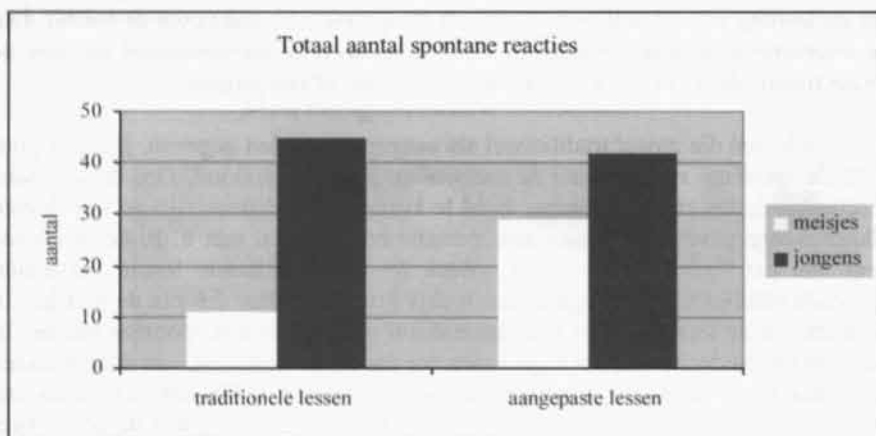


Fig. 7.42: de spontane reacties tijdens de les uitgesplitst naar sekse gesommeerd over 6 lessen.

minder vragen stelde aan meisjes, vertelde Van Hes dat het kwam omdat hij graag wilde dat leerlingen zich veilig en thuis voelden in de klas. De meisjes reageerden meestal zo onzeker en dat onzekere gevoel wilde hij juist bij ze wegnemen. Dat de meisjes spontaner gingen reageren merkte hij tijdens de lessen zeker op en vond hij heel leuk. Op de spontane reactie van de meisjes ging hij graag in, zo vertelde hij.

Het is voor de leraar even wennen om meer voorbeelden, en vooral ook meer voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling, te bespreken tijdens de les. Deze voorbeelden roepen vaak spontane reacties op bij leerlingen die je als leraar dan moet inpassen in je les, zoals tijdens de les waar de fietsdynamo werd behandeld. Als eerste voorbeeld had de leraar een spoel en een magneet. De spoel was een hoeveelheid omwikkeld koperdraad met een holte in het midden. De beide einden van het koperdraad waren aangesloten op een stroomsterktemeter. Met de spoel in de ene hand en een magneet in de andere hand bewoog de leraar de magneet op-en-neer in de holte van de spoel. De magneet en de spoel maakten geen contact met elkaar. De leraar vroeg aan de klas "wat zie je?", terwijl hij eerst naar de uitslag van de stroomsterktemeter keek en vervolgens vragend naar de leerlingen. Tijdens de eerste les werd er wat ordeverstoring gecreëerd in de klas, maar tijdens de herhaling van de les kwam de spontane reactie van een grote jongen "neuken, meneer!" Met zo'n spontane reactie van een leerling heb je de keus als leraar of je Oost-Indisch doof te houden of de dialoog op te pakken. Dat kan bijvoorbeeld door op te merken dat er bij de spoel en de op-en-neer bewegende magneet een inductiespanning ontstaat, een invloed op afstand. Hoe noem je bij het neuken een invloed op afstand? Vlinders in je buik? De overeenkomsten van de natuurkunde en de ervaringswereld van de leerling is oneindig groot en beslist niet saai. Niet alleen meisjes vinden het prettig hun ervaringswereld erbij te betrekken, ook jongens vinden dat leuk. Het gecreëerde dat eerst nog ordeverstoring werd gevonden door de leraar, wordt op deze manier een wezenlijk onderdeel van de les. Spontane reacties, worden dan geenszins meer als ordeverstoring ervaren, maar als metagrammaticaal voorbeeld voor een beter begrip voor de leerling. Met minder ordeverstoringen is het een stuk prettiger lesgeven voor de leraar.

Na een half jaar onderzoek en het aanpassen van zijn lessen merkte Van Hes op dat hij minder formalistisch les gaf. Dit betekent dat hij bij zichzelf merkte dat hij minder uitging van formules, maar meer van ervaringen en gevoel. Dat is precies de bedoeling van voorbeeldgestuurd lesgeven. Daarnaast vertelde van Hes ook nog dat hij de laatste tijd met meer plezier les gaf.

8 Evaluatie van de resultaten van het veldwerk

In dit hoofdstuk worden van de geobserveerde grote lijnen van het veldwerk gebundeld en trends geformuleerd. In 8.1 evalueer ik de resultaten van het veldwerk van de leermethode. Daarna evalueer de resultaten van de lesmethode. In 8.2 zijn dat de resultaten van de hoorcolleges op het HBO en in 8.3 zijn dat de resultaten van de lessen in twee HAVO-3 klassen bij het vak natuurkunde. Elke paragraaf sluit ik af met het formuleren van conclusies.

8.1 Evaluatie van resultaten veldwerk van de leermethode

In 8.1.1 geef ik mijn eigen ervaring weer met voorbeeldgestuurd leren. Dit doe ik door het uitvoeren van het stappenplan waaruit blijkt dat 'ik snel leer cellospelen omdat ik goed kan roeien'. In 8.1.2 illustreer ik dat meisjes expliciet en nadrukkelijk moeten worden aangemoedigd om hun ervaring uit een ander kennisveld over te brengen naar een nieuw te leren onderwerp. Voorbeeldgestuurd leren stimuleert dat in het tweede deel van haar denktrant. Daarna geef ik in 8.1.3 observaties die aangeven dat het uitvoeren van het stappenplan een opstap biedt naar het oplossen van een intelligentietest. Vervolgens evalueer ik in 8.1.4 de resultaten die aangeven dat de herformulering van een informatieanalysemethode leidt tot een uitstekende, zelfstandig te gebruiken leermethode. Als laatste formuleer ik in 8.1.5 de conclusies van voorbeeldgestuurd leren.

8.1.1 Snel leren cellospelen omdat je goed kunt roeien

In 5.1 analyseerde ik met behulp van het stappenplan de *grote lijnen* van roeien en cellospelen. Vervolgens vergeleek ik deze *grote lijnen* waardoor ik tot de *samenhang van de grote lijnen* kwam. Het bleek dat de *samenhang van de grote lijnen* - de metagrammatica - van roeien en cellospelen identiek was, namelijk een *trucje* om de techniek goed te kunnen uitvoeren. Mijn ervaring bij het roeien waar ik het *trucje* goed kan toepassen, zorgde ervoor dat ik *hetzelfde trucje* bij het cellospelen snel beheerste.

Het eerste deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs gebruikt het stappenplan om de *grote lijnen* te vinden. Vervolgens wordt dit deel van het stappenplan een laag hoger uitgevoerd. De gevonden grote lijnen worden daarbij vergeleken met het geheel: het herkennen van het *trucje* van de *samenhang van de grote lijnen*. Dit illustreert het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs: het herkennen van de grote lijnen in verschillende voorbeelden. In het gegeven voorbeeld van roeien en cellospelen zijn de grote lijnen de zinnen. De samenhang van de grote lijnen is het verhaal. Uit de

voorbeelden blijkt duidelijk dat de *samenhang van de grote lijnen* van roeien en cellospelen identiek is. Slechts de begrippen uit de veranderde context zijn vervangen in de zinnen. Het verhaal – de *samenhang van de zinnen* – is identiek. De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs is dus de grote lijnen analyseren vanuit het geheel en daarna het herkennen van de grote lijnen in het geheel van de gegeven voorbeelden.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: door het uitvoeren van het stappenplan is het mogelijk te analyseren dat ik mijn ervaring bij het roeien gebruik bij het leren cellospelen. Deze observatie duidt op een trend dat ervaring met de *samenhang van de grote lijnen* in een ander kennisgebied zorgt voor de kennistransfer, waardoor de grote lijnen in een nieuwe situatie gemakkelijk toegepast kunnen worden.

8.1.2 Onzekere meisjes bij het vak natuurkunde

Uit de observaties blijkt dat meisjes een ander sociaal gedrag te vertonen dan jongens. Een voorbeeld hiervan is beschreven bij de groep HBO-studenten die een zomercursus natuurkunde volgden. Meisjes stellen zich socialer op, hebben het meer over *wij* dan over *ik*, en besteden veel tijd aan het bespreken van hun omgeving. Bovendien geven meisjes blij te leren aan de hand van andere voorbeelden dan jongens.

Studenten is gevraagd aan te geven of ze bij het vak natuurkunde hun ervaring uit het dagelijks leven gebruikten. Aan de groep studenten werd gevraagd om voorbeelden te geven van *lagere weerstand*, waarbij er expliciet op werd gewezen dat ze deze voorbeelden ook buiten de natuurkunde mochten zoeken. Bij de gegeven antwoorden viel heel duidelijk op dat meisjes, hoewel ze in de vraagstelling daartoe werden aangemoedigd, de door hen gegeven voorbeelden alleen in de natuurkunde zochten en niet durfden hun ervaring buiten de natuurkunde te gebruiken.

Dat het zelfbeeld van hun eigen kunnen bij meisjes grote invloed heeft bij het vak natuurkunde wordt goed geïllustreerd door de door hen opgegeven onzekerheden in geschatte lengtes. De studenten waren gevraagd de betrouwbaarheidsintervallen te geven van de lengte van zichzelf en van de lengte van de docent. De meisjes gaven bij de geschatte lengte van de docent geen groter betrouwbaarheidsinterval aan dan het betrouwbaarheidsinterval van de lengte van henzelf, hoewel er expliciet naar werd gevraagd. Meisjes durfden dus niet met een getal hun eigen onzekerheid weer te geven en zo zekerder te zijn van hun onzekerheid. De zekerheid in onzekerheid bleek bij de jongens derhalve groter te zijn dan bij de meisjes.

Uit de observatie valt af te leiden dat meisjes een opstap nodig hebben om hun onzekerheid te overwinnen bij het vak natuurkunde. Dit is mogelijk door aan te sluiten bij hun sociale en emotionele gedrag waarbij ze ervaringen kunnen bespreken op hun relevantie. Het lijkt tijdsverspilling, maar toch blijken de meisjes

de snelle jongens te zijn. Bovendien moeten meisjes nog explicieter en nadrukkelijker worden aangemoedigd om hun ervaringen buiten de natuurkunde te gebruiken. Pas dan krijgen meisjes voldoende vertrouwen om hun ervaring uit een ander kennisveld over te brengen naar een nieuw te leren onderwerp in de natuurkunde. Hiervoor zorgt het tweede deel van de denkrant van voorbeeldgestuurd onderwijs: de verduidelijkingsdialoog. De grote lijnen worden daarbij herkend in voorbeelden uit de eigen ervaring.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: meisjes zochten de gegeven voorbeelden alleen binnen de natuurkunde en niet daarbuiten, hoewel ze in de vraagstelling daartoe expliciet werden aangemoedigd. Dit duidt erop dat meisjes expliciet en nadrukkelijk moeten worden aangemoedigd om voorbeelden buiten de natuurkunde te gebruiken. De geformuleerde trend in 8.3.5 geeft aan dat meisjes ervaren dat ze meer leren als er wordt lesgegeven aan de hand van voorbeelden uit hun eigen ervaring. Dit duidt op de trend dat de denkrant van voorbeeldgestuurd onderwijs meisjes aanmoedigt te leren door overeenkomsten en verschillen te zoeken tussen voorbeelden die ze hebben ervaren en begrepen.

8.1.3 Uitvoeren stappenplan als opstap naar oplossen intelligentietest

Met behulp van het stappenplan van de informatieanalysemethode werd een intelligentietest opgelost door 88 eerstejaars studenten Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden. De test werd afgenomen in de vorm van een toets.

De zes studenten die hun antwoord veranderden tijdens de toets hadden allen gekozen voor dezelfde oplossingsstrategie. Het gemiddelde cijfer van hen was significant hoger dan het gemiddelde cijfer van de totale groep die koos voor deze oplossingsstrategie. Eerst een fout antwoord geven leidde dus niet tot een lagere beoordeling van de toets. Integendeel, de studenten ervoeren dat hun leerstijl werd bijgestuurd. Aan de hand van het stappenplan konden studenten een foutief antwoord herstellen, wat resulteerde in een gemiddeld hogere leerprestatie.

De studenten gaven aan, dat het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren hen stuurde bij het oplossen van de intelligentietest. Vooral stap 4 van voorbeeldgestuurd leren, het maken van de elementaire zinnen (zie 4.4), bleek een belangrijke stap op weg naar een goede oplossing. Stap 4, de uiteenrafeling van begrippen in een eigen verwoording, is derhalve een stap die niet gemist mag worden in het onderwijs.

Voorts gaven de studenten aan dat ze zich aan de hand van het stappenplan zekerder voelden van de goede oplossing. Juist deze zekerheid bemoedigt studenten bij het leren.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: het stappenplan biedt een opstap voor het oplossen van een intelligentietest. Zoals het uiteenrafelen van de begrippen in een eigen verwoording, het zonodig bijsturen van de

strategie en het bieden van zekerheid aan de studenten. Dit blijkt ook uit de opmerkingen van de studenten. Uit de observaties is duidelijk de trend zichtbaar dat het zelfstandig uitvoeren van het stappenplan van de informatieanalyse-methode een opstap biedt bij het benutten van je intelligentie.

8.1.4 Leren vervoegen van werkwoorden

Bij een groep van 56 studenten op het HBO werd gevraagd met behulp van het stappenplan van de informatieanalyse-methode een analyse van het vervoegen van werkwoorden uit te voeren tijdens een toets. Vóór de analyse, de week na de analyse en twee maanden later, werd de studenten een dictee afgenomen met veel voetangels en klemmen op het gebied van werkwoordvervoegingen. Bij het dictee dat vóór de analyse gemaakt werd, was het gemiddeld aantal fouten $3,18 \pm 0,23$. Bij het dictee direct na de analyse was het gemiddeld aantal fouten $2,41 \pm 0,19$; dit was significant lager dan bij het eerste dictee met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 99%. Bij het dictee twee maanden later was het gemiddeld aantal fouten $2,25 \pm 0,15$ (>99%); dit was nog steeds significant lager dan bij het dictee vóór de analyse.

Een geconcentreerd zelfstandig uitgevoerde analyse van het vervoegen van werkwoordsvormen leverde gemiddeld een significant beter leerresultaat op dan voor het uitvoeren van de analyse. Bij een onderwerp dat thuis hoort in de basisvorming, het leren vervoegen van werkwoorden, bleek dus dat bij een zelfstandig uit te voeren analyse het leereffect zelfs maanden later significant aanwezig was.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijn: het toepassen van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren levert gemiddeld een significant beter leerresultaat op.

8.1.5 Conclusies voorbeeldgestuurd leren

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als duidelijk zichtbare trends de conclusies over voorbeeldgestuurd leren.

- Het herkennen van grote lijnen in voorbeelden zorgt voor kennistransfer, waardoor de grote lijnen in een andere situatie gemakkelijker kunnen worden toegepast.
- Discussiëren over overeenkomsten en verschillen van meerdere, ook zelf verzonnen, voorbeelden in de verduidelijkingsdialoog sluit aan bij het sociale gedrag van meisjes.
- De denkrant van voorbeeldgestuurd onderwijs moedigt meisjes expliciet en nadrukkelijk aan overeenkomsten en verschillen te zoeken met behulp van voorbeelden buiten de natuurkunde die ze hebben ervaren en begrepen.

- Het uitvoeren van het stappenplan stuurt de leerstijl bij, waardoor fouten kunnen worden hersteld.
- Het stappenplan geeft studenten een zeker gevoel bij het leren.
- Het toepassen van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren levert gemiddeld een significant beter leerresultaat op.

Bovenstaande trends samen geven aan dat de herformulering van een informatieanalysemethode leidt tot een uitstekende, zelfstandig te gebruiken leermethode. Het stappenplan biedt daarbij zekerheid.

8.2 Evaluatie van voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO

In 8.2.1 evalueer ik het leren voorbeeldgestuurd lesgeven van docenten. In 8.2.2, evalueer ik het opvallende verschil in beoordeling tussen meisjes en jongens bij voorbeeldgestuurd lesgeven. Daarna analyseer ik in 8.2.3 hoe de beoordeling van voorbeeldgestuurd gegeven lessen aanzienlijk steeg bij een groep van alleen mannelijke studenten. Tenslotte formuleer ik in 8.2.4 de conclusies van het veldwerk rond voorbeeldgestuurd lesgeven.

8.2.1 *Leren voorbeeldgestuurd les te geven*

Voorbeeldgestuurd lesgeven is toegepast op het HBO bij hoorcolleges van anderhalf uur. De ervaren docenten vertelden dat ze (1) lesgeven op de manier zoals ze zelf hadden les gekregen en (2) op de manier zoals ze dachten de leerstof het snelst te kunnen overbrengen. De docenten die aan het onderzoek deelnamen, vertelden vooraf dat ze *veel* voorbeelden gebruikten en dat ze verwachtten dat voorbeeldgestuurd lesgeven niet structureel anders zou zijn. Dat bleek echter wel het geval.

De docenten hebben het lesgeven vanuit voorbeelden ervaren als 'van achteren naar voren' lesgeven. Bij traditioneel onderwijs dienen de voorbeelden als illustratie van de grote lijnen, bij voorbeeldgestuurd lesgeven daarentegen wordt er begonnen met het geven van de voorbeelden. Tijdens de voorbespreking werd de nieuwe volgorde van de les besproken. De voorbespreking van het eerste hoorcollege dat voorbeeldgestuurd werd gegeven, duurde zo'n anderhalf uur. De voorbespreking van de volgende lessen duurde steeds korter; het resulteerde tenslotte in een enkele aanwijzing bij de laatste les. Tijdens de eerste voorbespreking neigden de docenten steeds naar het noemen van de grote lijnen, in plaats van het voorbeeld helemaal uit te werken en vervolgens te koppelen aan de grote lijnen. Na een les of vijf hadden de docenten het voorbeeldgestuurd lesgeven onder de knie. Ze hebben voorbeeldgestuurd lesgeven ervaren als een natuurlijke en plezierige manier van lesgeven.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijn: voor docenten in het HBO bleek voorbeeldgestuurd lesgeven structureel anders te zijn

dan de traditionele manier van lesgeven. Na een les of vijf hadden ze de ommezwaai gemaakt van traditioneel naar voorbeeldgestuurd lesgeven.

8.2.2 *Meisjes leren vanuit voorbeelden*

Bij de traditionele manier van lesgeven, was de beoordeling van de lessen van de meisjes lager dan die van de jongens.

Zodra voorbeeldgestuurd werd lesgegeven steeg de beoordeling van de lessen door de studenten voor wat ze leerden significant met $0,4 \pm 0,1$ punt ten opzichte van een les die traditioneel werd gegeven. Het verschil in beoordeling van meisjes en jongens van hetzelfde college is daarbij opvallend. Bij het lesgeven vanuit voorbeelden ging de beoordeling van de meisjes *terstond* met sprongen vooruit tot $0,8 \pm 0,2$ punt. De beoordeling van de jongens daalde eerst, om vervolgens pas te stijgen nadat de docent vanuit de voorbeelden ook heel duidelijk de grote lijnen had aangegeven.

Deze observatie bevestigt de verwachte trend dat meisjes voorbeeldgestuurd lesgeven hoog beoordelen. Daarbij is niet het sekseverschil het belangrijkste, maar het socialisatieverschil tussen de seksen. Volgens de socialisatietheorie is bij het gebruik van abstract denkvermogen het grote verschil tussen meisjes en jongens, dat meisjes eerder toegeven aan hun onzekerheid en dat jongens eerder vasthouden aan de grote lijnen. Aan het begin van de lessenreeks gaf de docent wel voorbeelden, maar nog geen grote lijnen. Dat had zijn weerslag in de resultaten. De beoordeling van de meisjes ging de eerste les omhoog en de beoordeling van de jongens omlaag. Aan het eind van de lessenreeks, toen het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven goed werd toegepast, bleken zowel bij de meisjes als bij de jongens de beoordeling te stijgen tot vrijwel een gelijke hoogte. De beoordeling van de meisjes steeg dus meer dan die van de jongens. Zoveel meer, dat het oorspronkelijke verschil werd gecompenseerd.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijnen: zowel de meisjes als de jongens gaven aan dat ze significant meer leerden als er goed voorbeeldgestuurd werd lesgegeven. De beoordeling van de meisjes steeg *terstond* als er aan de hand van voorbeelden werd lesgegeven en de beoordeling van de jongens steeg naar gelang de docent niet alleen de voorbeelden noemde, maar ook de grote lijnen van de leerstof duidelijk weergaf. De meisjes beoordeelden lessen die voorbeeldgestuurd werden gegeven hoger dan de jongens. Uit deze geobserveerde grote lijnen is de trend af te leiden dat voorbeeldgestuurd onderwijs de lagere beoordeling van meisjes compenseert ten opzichte van de jongens in het traditionele lespatroon; en resulteert in een hogere beoordeling van beiden.

8.2.3 *Jongens leren ook graag voorbeeldgestuurd*

Voorbeeldgestuurd lesgeven is ook uitgetoetst bij een groep studenten aan een techniekopleiding die alleen uit jongens bestond. De beoordeling van de studenten voor het voorbeeldgestuurd *lesgeven* had een significante stijging tot gevolg van $0,8 \pm 0,1$ punt (99%) ten opzichte van de lessen die op de traditionele manier werden gegeven. De beoordeling van de studenten voor het *leren* steeg significant met $0,9 \pm 0,1$ punt (99%).

Het onderzoek vond plaats bij een groep studenten in het techniekonderwijs op het HBO, waarbij je van de lesstof een hoog abstractieniveau verwacht. Uit de resultaten blijkt, dat ook deze studenten voorbeeldgestuurd lesgeven hoger beoordeelden dan de traditionele manier van lesgeven. Bovendien vonden de studenten het bijzonder plezierig dat na afloop van de les op het bord zowel het uitgewerkte voorbeeld stond als de daaruit afgeleide grote lijnen. Bij het maken van de opgaven maakten ze veelvuldig gebruik van de duidelijke aangegeven koppeling van voorbeeld en de grote lijnen.

Vanuit deze observaties zie ik de trend dat voorbeeldgestuurd lesgeven dus ook jongens aanspreekt op een technische opleiding.

8.2.4 *Conclusies voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO*

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als duidelijk zichtbare trends de conclusies over het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven door docenten op het HBO.

- Docenten hadden vooraf de indruk dat het geen aanpassing van hun manier van lesgeven zou vergen, daar ze naar eigen zeggen veel voorbeelden gebruikten.
- Docenten vonden het een fundamentele verandering in de volgorde van hun les.
- Docenten hebben voorbeeldgestuurd lesgeven ervaren als 'van achteren naar voren' lesgeven.
- Docenten beheersten de nieuwe methodiek in ongeveer vijf lessen.
- Docenten ervoeren voorbeeldgestuurd lesgeven als een natuurlijke en plezierige manier van lesgeven.

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als duidelijk zichtbare trends de conclusies over voorbeeldgestuurd lesgeven voor studenten op het HBO.

- Meisjes beoordeelden traditioneel lesgeven lager dan jongens.
- Meisjes beoordeelden voorbeeldgestuurd lesgeven hoger dan jongens.
- Zowel meisjes als jongens beoordeelden voorbeeldgestuurd lesgeven hoger dan traditioneel lesgeven.
- Voorbeeldgestuurd onderwijs compenseerde de lagere beoordeling van meisjes van traditioneel lesgeven tot een hogere gelijkwaardige beoordeling van meisjes en jongens.

8.3 Evaluatie van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3

In het voortgezet onderwijs werd onderzoek gedaan van voorbeeldgestuurd lesgeven in twee HAVO-3 klassen bij het vak natuurkunde. In 8.3.1 evalueer ik een les die vanuit de onzekerheid van de leerling werd opgebouwd. In 8.3.2 bespreek ik het effect van het toepassen van de anti-didactische inversie. Daarna evalueer ik in 8.3.3 het effect van de mate waarin het voorbeeld werd gekoppeld aan de grote lijnen. In 8.3.4 beschrijf ik de invloed van het uitbuiten van eerder opgedane ervaringen, vooral de invloed op meisjes. Vervolgens evalueer ik in 8.3.5 de mate waarin meisjes zich spontaner dan jongens durven te uiten bij voorbeeldgestuurd gegeven lessen. In 8.3.6 bespreek ik hoe de leraar voorbeeldgestuurd lesgeven heeft ervaren als een plezierige lesmethode. Tenslotte geef ik in 8.3.7 de conclusies rond voorbeeldgestuurd lesgeven op de HAVO.

8.3.1 *Uitgaan van de onzekerheid van de leerling*

Traditioneel onderwijs start meestal met het geven van de grote lijnen en eindigt met het geven van illustratieve voorbeelden. Daarbij beoordeelden de meisjes de lessen gemiddeld een halve tot een hele punt *lager* dan die de jongens (zie 7.3).

Voorbeeldgestuurd lesgeven start met een voorbeeld. Indien de les werd begonnen met voorbeelden, steeg de beoordeling van de meisjes significant met 0,9 punt en de beoordeling van de jongens met 0,3 punt ten opzichte van traditioneel gegeven lessen.

Het effect van het uitgaan van de onzekerheid van de leerling is geobserveerd bij een les die hoofdzakelijk bestond uit het bespreken van opgaven. De opgaven waren als huiswerk opgegeven en moesten tijdens de les worden gecontroleerd. Tijdens de eerste keer dat de les werd gegeven, vroeg de leraar de leerlingen om de beurt naar het antwoord op de opgaven. Bij de aangepaste les vroeg de leraar niet naar het antwoord, maar naar de manier waarop de opgave was aangepakt. Bij de beoordeling van de les door zowel de meisjes als de jongens leidde dit tot een significante stijging van de beoordeling van 0,6 punt. De leerlingen beoordeelden lessen die uitgingen van de onzekerheid van de leerling hoger, vooral de meisjes. Eventuele misconcepties van de leerling kwamen daarbij immers duidelijker naar voren. Bovendien leerden de leerlingen ook veel van elkaar, omdat ze in dezelfde onzekere verwoording spraken.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de benadering, waarbij werd uitgegaan van de onzekerheid van de leerling kreeg een significant hogere beoordeling van zowel de meisjes als de jongens. Deze observatie duidt op een trend dat het begrijpen van de weg om tot een antwoord te komen vanuit de mentale voorstelling van de leerling significant hoger wordt beoordeeld dan het krijgen van uitleg over het goede antwoord.

Meisjes beoordeelden voorbeeldgestuurd lesgeven aanzienlijk hoger dan jongens. Zoveel meer zelfs, dat het oorspronkelijke verschil volledig werd gecompenseerd.

Deze observatie duidt op de trend dat voorbeeldgestuurd onderwijs de lagere beoordeling van meisjes ten opzichte van de jongens in het traditionele lespatroon compenseert en resulteert in een hogere beoordeling van beiden, evenals in het HBO.

8.3.2 *Anti-didactische inversie*

Bij een practicumles in de twee HAVO-3 klassen probeerde de leraar het 'van achteren naar voren' lesgeven uit. De beoordeling van de herhalingsles bleek iets hoger te zijn; het resultaat was een stijging van gemiddeld 0,3 punt.

Het is slechts een geringe stijging. Voor een objectieve toehoorder als een ervaren amanuensis die toevallig beide keren de uitleg hoorde, was er echter een groot verschil. De tweede keer stond hij geboeid naar de leraar te luisteren, terwijl de amanuensis het verhaal toch al kende. Als je vanuit de voorbeelden vertelt, komt dat als boeiend over volgens een ervaren objectieve toehoorder.

Bewust moet voor docenten de anti-didactische inversie worden omgedraaid van deductief naar inductief lesgeven, ofwel 'van achteren naar voren lesgeven'. Het is veel efficiënter om de kennis van een leerling te duwen dan om de kennis van een leerling te slepen achter de kennis van de leraar aan. In de scheepvaart hebben ze allang door dat duwen efficiënter is dan slepen. Dat geldt ook voor kennis.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: als je vanuit de voorbeelden wilt overbrengen wat de bedoeling is, komt dat voor sommige leraren over als 'van achteren naar voren' lesgeven, maar de les komt dan wel boeiender over volgens een objectieve ervaren toehoorder.

8.3.3 *Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen*

Stap 3 van het voorbeeldgestuurd lesgeven luidt: 'koppel de voorbeelden aan de grote lijnen'. De invloed van deze stap is onderzocht in een les bij het leren van de formule voor arbeid. Als voorbeeld werd er gesleept met stoelen met leerlingen erop om het verband te tonen tussen de geleverde arbeid, de benodigde kracht en de weg die daarbij wordt afgelegd. Bij de oorspronkelijke les schreef de docent, na de voorbeelden, de formule op het bord. Bij de aangepaste les was het enige verschil dat de docent ook de tussenresultaten op het bord schreef. De beoordeling van de leerlingen tijdens de aangepaste les lag significant hoger dan de beoordeling van de oorspronkelijke les. De categorie *algemene indruk* steeg bij de meisjes significant met maar liefst $1,4 \pm 0,3$ ($>99\%$) punt en de categorieën *leren* en *lesgeven* significant rond de 0,8 punt ($>95\%$). De beoordeling van de jongens, steeg voor wat ze geleerd hadden, significant met $0,5 \pm 0,2$ punt ($>99\%$).

Door tijdens de aangepaste les de tussenresultaten te noteren werd het voorbeeld gekoppeld aan de formule. De weg tot de formule werd daardoor duidelijk. Bij de aangepaste les werd de formule niet gepresenteerd als belangrijkste einddoel van de les, maar als mogelijk hulpmiddel bij de opgaven die nog zouden volgen.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: het koppelen van de voorbeelden aan de grote lijnen gaf een significant hogere beoordeling van de leerlingen. Deze observatie duidt op een trend dat leerlingen de weg om tot de formule te komen hoger beoordeelden dan de formule zelf.

8.3.4 *Plaats de grote lijnen in de ervaringswereld*

Stap 7 van voorbeeldgestuurd onderwijs luidt: 'plaats de grote lijnen in de eigen ervaringswereld van de leerling'. De invloed van deze stap werd gegeven in twee natuurkundelessen over *rendement*. Beide lessen werden op dezelfde manier gegeven aan de hand van dezelfde voorbeelden: de magnetron en de gloeilamp. Het enige verschil was dat aan het eind van de aangepaste les extra voorbeelden werden gegeven uit de ervaringswereld van de leerling. De beoordeling van de meisjes steeg significant met $1,5 \pm 0,3$ punt (>99%). Ook de beoordeling bij de jongens steeg significant met meer dan een $1,1 \pm 0,2$ punt (>99%).

Tijdens de aangepaste les werden extra voorbeelden gegeven uit de ervaringswereld van de leerling, waarbij de essentie van het nieuw te leren begrip duidelijk naar voren kwam. Bij deze manier van lesgeven wordt een nieuw begrip gekoppeld aan hun eigen ervaring uit een ander kennisveld. Eerder verworven competenties en voorkennis uit ervaringen in het dagelijks leven, worden daardoor ten volle benut. Het gebruik van voorbeelden uit een ander kennisveld werd uitermate hoog beoordeeld door de leerlingen en is dus een niet te missen stap in het onderwijs. Het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs maakt gebruik van deze eigenschap. De mogelijkheid om de geleerde grote lijnen te herkennen in het geheel, wordt gezien als uiting van abstract denkvermogen.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijnen: bij het lesgeven besluiten met een verduidelijkingsdialoog (stap 7) waarbij de grote lijnen werden getoetst aan nog meer voorbeelden en vooral ook voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling, ging de beoordeling met sprongen vooruit. De beoordeling van de meisjes steeg meer dan die van de jongens. Flink stijgen deden ze echter bij allemaal. Deze observaties duiden op de trend dat eerder verworven competenties en ervaringen opgedaan in het dagelijks leven bij de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs ten volle worden benut. De leerlingen krijgen daardoor vertrouwen dat de nieuwe lesstof is begrepen en dit biedt een opstap naar het abstract denken.

8.3.5 *Spontane reacties van meisjes tijdens de lessen*

Het aantal *spontane reacties* van meisjes steeg meer dan dat van jongens in de voorbeeldgestuurd gegeven lessen. Met spontane reactie wordt aangeduid het maken van een opmerking of het stellen van een vraag die slaat op de lesstof en die niet een reactie is op een gerichte vraag van de leraar. In zes traditioneel gegeven lessen gaven de meisjes 11 spontane reacties en de jongens 45, in de aangepaste lessen volgens voorbeeldgestuurd lesgeven gaven meisjes 29 spontane reacties en de jongens 42. In de lessen waarin voorbeeldgestuurd werd lesgegeven is de spontane reactie van meisjes dus meer dan verdubbeld.

Deze observatie duidt op volgende grote lijn: bij lesgeven aan de hand van voorbeelden uit hun ervaringswereld kwamen meisjes met aanzienlijk meer spontane reacties tijdens de les.

Uit de geobserveerde trends van voorbeeldgestuurd leren (8.1.5) blijkt dat meisjes expliciet en nadrukkelijk moeten worden aangemoedigd overeenkomsten en verschillen te zoeken met voorbeelden buiten de natuurkunde. Pas dan krijgen meisjes vertrouwen om hun ervaring uit een ander kennisveld over te brengen naar een nieuw te leren onderwerp in de natuurkunde. Het gebruik van ervaringen uit het dagelijks leven is een wezenlijk onderdeel van het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs. Uit de resultaten in de voorgaande subparagraaf blijkt, dat meisjes vinden dat ze meer leren bij het gebruik van voorbeelden uit hun ervaring.

Bovenstaande observaties samen duiden op de trend dat lesgeven aan de hand van voorbeelden uit de eigen ervaring meisjes meer zelfvertrouwen geeft, waardoor ze dus eerder over de nieuwe lesstof durven te praten en waardoor ze met meer spontane reacties durven te komen.

8.3.6 *Evaluatie door een leraar*

De leraar van de HAVO-3 klassen vond het bijzonder plezierig dat de meisjes spontaner reageerden dan vroeger en hij ging daar graag op in. Hij ervoer deze spontane reacties geenszins als ordeverstoring, maar gebruikte ze juist als voorbeelden voor een beter begrip voor de leerling. Met minder ordeverstoringen was het een stuk prettiger lesgeven voor de leraar.

De leraar ging overigens niet meer vragen stellen aan de meisjes. De leraar veranderde natuurlijk ook niet van attitude bij voorbeeldgestuurd lesgeven, alleen de volgorde van het lesgeven veranderde.

Over de aanpassingen van zijn lessen merkte de leraar op, dat hij minder formalistisch les gaf, dus minder uitgang van formules, maar meer van ervaringen en gevoel. Dat is precies de bedoeling van voorbeeldgestuurd lesgeven. Ook

vertelde de leraar dat hij de laatste tijd met meer plezier les gaf. Een mooie win-win situatie. Een betere evaluatie is nauwelijks mogelijk.

8.3.7 Conclusies voorbeeldgestuurd lesgeven op de HAVO

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als duidelijk zichtbare trends de conclusies over het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3 bij het vak natuurkunde in de beoordeling van de leerlingen.

- Meisjes beoordeelden traditioneel lesgeven gemiddeld een halve tot een hele punt lager dan jongens.
- Zowel meisjes als jongens beoordeelden voorbeeldgestuurd lesgeven hoger dan traditioneel lesgeven.
- De beoordeling van meisjes steeg bij voorbeeldgestuurd lesgeven meer dan de beoordeling van jongens.
- De beoordeling van meisjes steeg zoveel meer, dat de oorspronkelijke lagere beoordeling in het traditionele onderwijs teniet werd gedaan.
- Leerlingen beoordeelden het begrijpen van de weg om tot een antwoord te komen vanuit de mentale voorstelling significant hoger dan het noteren van het goede antwoord.
- Leerlingen beoordeelden de weg om tot de formule te komen als belangrijker dan de formule zelf.
- Leerlingen beoordeelden het gebruik van voorbeelden uit een ander kennisveld hoog.
- Meisjes durfden bij voorbeeldgestuurd lesgeven meer met spontane reacties te komen.

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als zichtbare trends de conclusies over het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3 bij het vak natuurkunde in de beoordeling van de leraar.

- De leraar vond dat hij met voorbeeldgestuurd lesgeven minder formalistisch les gaf en meer vanuit zijn gevoel.
- De leraar ervoer de spontane reacties als wezenlijk onderdeel van de les en niet als ordeverstoring.
- De leraar had meer plezier gekregen in het lesgeven.

9 Conclusies en aanbevelingen

Aan de hand van de evaluaties en conclusies van de resultaten van het veldwerk van voorbeeldgestuurd leren en voorbeeldgestuurd lesgeven in hoofdstuk 8, bespreek ik in 9.1 de kernvragen van de uitgebreide vraagstelling. Daarna formuleer ik in 9.2 de conclusies op de probleemstelling en geef ik aan in hoeverre de doelstelling is gehaald. De conclusies moeten gelezen worden als eigen observaties van trends. Tenslotte geef ik in 9.3 aanbevelingen die uit het voorgaande voortvloeien.

9.1 Bespreking kernvragen

In 9.1.1 tot 9.1.4 beschrijf ik in hoeverre deze studie de vier kernvragen beantwoordt, zoals ik die in 3.6 heb geformuleerd.

9.1.1 *Voorbeeldgestuurd onderwijs als leer- en lesmethode*

De eerste kernvraag luidde:

Kan een informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een door de leerling zelfstandig te gebruiken *leermethode* alsook tot een bruikbare *lesmethode*?

Volgens de informatieanalysemethode vindt goede informatieoverdracht plaats in drie lagen, niet meer en niet minder. Passen we de lagenstructuur toe in het onderwijs, dan zijn die drie lagen de gegevens, de grote lijnen en de samenhang van de grote lijnen. Het stappenplan van voorbeeldgestuurd onderwijs start met voorbeelden uit de bovenste laag die de samenhang weergeven. Vanuit de voorbeelden worden de abstracte grote lijnen in de middelste laag afgeleid. Leren wordt zo nooit ingewikkelder dan het begrijpen van voorbeelden uit het dagelijks leven, de hoogste laag van informatieoverdracht.

Uit de evaluaties van voorbeeldgestuurd leren en lesgeven volgt de gesignaleerde trend dat de herformulering van een informatieanalysemethode leidt tot een uitstekende, zelfstandig te gebruiken *leermethode* en *lesmethode*. Het stappenplan biedt daarbij zekerheid. Voorbeeldgestuurd onderwijs transformeert, zowel in het HBO als op het HAVO, de lagere beoordeling van meisjes bij traditioneel lesgeven tot een hogere beoordeling. Dit geldt eigenlijk ook voor jongens. De docenten hebben voorbeeldgestuurd lesgeven ervaren als een natuurlijke en plezierige manier van lesgeven.

Het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren is door omstandigheden alleen uitgeprobeerd bij studenten die de informatieanalyse-methode beheersten. Gezien de goede resultaten bij deze studenten op het HBO ten aanzien van (1) het beter gebruik van hun intelligentie en (2) het analyseren van een onderwerp dat lesonderdeel is in de basisvorming (namelijk het vervoegen van werkwoorden), is de verwachting dat de trend ook in de basisvorming zal gelden. Het is in dit onderzoek evenwel niet gelukt een school te vinden waar dit in de basisvorming kon worden uitgeprobeerd. De geobserveerde trend rechtvaardigt dan ook in hoge mate een aanbeveling te doen om dit verder te onderzoeken (zie 9.3.1).

Voorbeeldgestuurd leren en lesgeven hebben een stappenplan, derhalve is het mogelijk met behulp van de methode iemand te *leren leren* en te *leren lesgeven*. Dit geeft aan dat de informatieanalysemethode is te herformuleren tot een zelfstandig te gebruiken leermethode en een bruikbare lesmethode die aangeleerd kan worden.

9.1.2 Voorbeeldgestuurd onderwijs als universele methode

De tweede kernvraag luidde:

Hoe kan de nieuwe leer- en lesmethode van het *voorbeeldgestuurd onderwijs* worden getoetst en toegepast in verschillende leer- en lespraktijken?

De lesmethode is uitgeprobeerd in verschillende onderwijssoorten, namelijk tijdens hoorcolleges in het HBO en tijdens lessen in de basisvorming van het voortgezet onderwijs. De hoorcolleges in het HBO werden gegeven aan eerste-, tweede- en derdejaars studenten, bij wie overal significante stijgingen in de beoordeling werden behaald. Bij goede informatieoverdracht zijn alle drie de lagen nodig. Deze lagen zeggen niets over het niveau of de mate van intelligentie die daarvoor nodig is. Vanuit de observaties zie ik een duidelijke trend dat de methode dus niveauonafhankelijk is.

Het veldwerk heeft plaatsgevonden bij managementvakken, informatica, natuurkunde en communicatieve vaardigheden. Bij al deze vakken blijkt uit de resultaten, dat voorbeeldgestuurd onderwijs tot een hogere beoordeling leidt. Dit leidt tot een duidelijke trend dat de methode derhalve valt te karakteriseren als vakonafhankelijk.

De resultaten zijn verkregen bij hoorcolleges van anderhalf uur, als ook bij de uitleg van een practicumles die slechts tien minuten in beslag nam. Uit de conclusies bleek dat de beoordeling van deze lessen, met geheel verschillende lesduur, steeg. Deze observaties geven de trend aan dat de toepasbaarheid van de methode onafhankelijk is van de duur van de les.

De oorspronkelijke informatieanalysemethode is onafhankelijk van het soort onderwerp dat geanalyseerd wordt, onafhankelijk van de complexiteit van het onderwerp en onafhankelijk van de hoeveelheid informatie. De oorspronkelijke

informatieanalysemethode veronderstelt dat ze dientengevolge universeel toepasbaar is. Overeenkomstig is de verwachting dat de herformulering van een informatieanalysemethode naar voorbeeldgestuurd onderwijs leidt tot een leer- en lesmethode die onafhankelijk is van het onderwerp, abstractieniveau en hoeveelheid informatie. Het ligt in de rede te veronderstellen dat de methode, evenals de oorspronkelijke informatieanalysemethode, universeel toepasbaar zal blijken te zijn.

9.1.3 De nieuwe didactiek spreekt meisjes aan

De derde kernvraag luidde:

Welke zijn de relaties tussen enerzijds de bevindingen van de genderkritische leerpsychologie omtrent het leer- en lesgeefproces en de effectiviteit daarvan voor meisjes respectievelijk jongens, en anderzijds de didactiek van het competentiegericht onderwijs, het projectonderwijs en het probleemgestuurd onderwijs?

Staan bij het oude leren de theorie en het lesgeven van de docent centraal, bij het nieuwe leren verandert dat naar het centraal stellen van vragen van de leerling. Het nieuwe leren gaat uit van de grote invloed van het informele leren door de ervaringen van de leerlingen te gebruiken. Tevens moet het onderwijs aansluiten bij multiple intelligenties, waarbij sociale en emotionele intelligentie een grotere invloed zullen krijgen. In het onderwijs blijken bij leerpatronen van leerlingen de volgende binaire opposities te bestaan: *mastering/receiving*, *individual/interindividual* en *impersonal/interpersonal*. De jongens gedragen zich bij deze opposities naar de eerstgenoemde eigenschap, de meisjes naar de tweede. Het huidige onderwijs van het oude leren gaat vooral uit van de eerste, nu overheersende, eigenschappen. Het nieuwe leren gaat uit van de tweede eigenschap bij genoemde opposities. De veranderende samenleving en de daarbij veranderende kennisconceptie verwacht dat de als tweede genoemde elementen in de opposities de betere eigenschappen representeren om goed te leren. De verwachting is dus dat meisjes een opstap ervaren, omdat het nieuwe leren volledig aansluit bij hun manier van leren.

De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs sluit aan bij de onzekerheid tijdens het leren. Het verschil in schoolprestaties tussen meisjes en jongens bleek niet te ontstaan door een verschil in cognitief vermogen, maar door het verschil in zelfbeeld ten opzichte van hun score. Meisjes hebben een lager zelfbeeld van hun eigen kunnen dan jongens. Vanuit deze zienswijze is het een mythe dat exacte vakken meisjes niet aanspreken. Dat is enkel een gevolg van de manier van lesgeven die bij het oude leren gehanteerd wordt.

Onderwijsvormen die gebruik maken van dit nieuwe leren, zijn: competentiegericht onderwijs, projectonderwijs en probleemgestuurd onderwijs. Bij het vergelijken van probleemgestuurd onderwijs en voorbeeldgestuurd onderwijs bleken de overeenkomsten groot te zijn. Het grootste verschil tussen voorbeeldgestuurd onderwijs en probleemgestuurd onderwijs is echter de

organisatie van het onderwijs. Voorbeeldgestuurd onderwijs is namelijk klassikaal toepasbaar. In de genoemde vormen van het nieuwe leren wordt geen gebruik gemaakt van klassikaal onderwijs. Toch wordt in de huidige praktijk vaak nog klassikaal lesgegeven, zeker in de basisvorming. De verwachting is dat deze klassikale onderwijsvorm nog lang zal bestaan. Voorbeeldgestuurd onderwijs introduceert de voordelen van het nieuwe leren in het klassikaal onderwijs.

9.1.4 *De nieuwe didactiek spreekt ook jongens aan*

De vierde kernvraag luidde:

Welke verschillen in effectiviteit en leerplezier laten de geteste toepassingen van *voorbeeldgestuurd onderwijs* zien in vergelijking tot de oude praktijk? Zijn deze verschillen anders specifiek?

De huidige praktijk van klassikaal lesgeven is dat de les vaak op een deductieve manier aangepakt wordt, op de manier zoals leraren vroeger zelf les kregen en die uitgaat van hun eigen zekerheid. De docenten vertellen daarbij eerst de abstracte grote lijnen en gaan daarna ter verduidelijking deze grote lijnen illustreren met voorbeelden. Bij het omdraaien van de lesvolgorde ontstaat de inductieve manier van lesgeven, waarbij vanuit voorbeelden die de leerling begrijpt, wordt lesgegeven. Zodoende sluit de nieuwe leerstof aan bij de ervaring van de leerlingen, waardoor ze meer vertrouwen krijgen en daardoor de nieuwe leerstof gemakkelijk begrijpen.

Bij het verschil in leren tussen meisjes en jongens is niet het sekseverschil het belangrijkste onderscheid, maar het socialisatieverschil tussen de seksen. In het socialisatieproces ontstaat het verschil in abstract denkvermogen tussen meisjes en jongens; namelijk doordat meisjes eerder toegeven aan hun onzekerheid en dat jongens eerder vasthouden aan de grote lijnen. Meisjes vluchten door hun onzekerheid in het traditionele onderwijs naar een reproductieve leerstijl die gebruikmaakt van uit het hoofd leren van feiten uit de onderste laag van informatieoverdracht. Jongens houden zich meer vast aan de grote lijnen in de middelste laag. Meisjes beoordeelden traditioneel onderwijs dan ook lager dan jongens.

De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs zorgt ervoor dat op geloofwaardige inductieve manier vanuit voorbeelden uit het dagelijks leven - de bovenste laag van informatieoverdracht - de grote lijnen worden gevonden en in nieuwe situaties kunnen worden toegepast. De beoordeling van meisjes steeg dientengevolge van de onderste laag naar de bovenste laag. De beoordeling van de jongens steeg van de middelste laag naar de bovenste laag. De beoordeling van de meisjes steeg dus meer dan die van de jongens. Zoveel meer, dat het oorspronkelijke verschil werd gecompenseerd en daardoor een vrijwel even hoge beoordeling van meisjes en jongens werd bereikt. De gesignaleerde trends uit het veldwerk geven dit resultaat zowel in het HBO als op de HAVO weer. Het blijkt dus dat de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs het socialisatieverschil tussen de seksen egaliseert. Hoewel meisjes mogelijk meer dan jongens toegeven aan hun onzekerheid, zijn

ook jongens onzeker. Voorbeeldgestuurd onderwijs tracht de leerling een zo groot mogelijk gevoel van zekerheid te geven, door deze onzekerheid te laten accepteren. Meisjes zullen daarbij een grotere opstap ervaren dan jongens, maar een opstap ervaren doen ze allemaal.

9.2 Bespreking van onderzoeksvragen, probleemstelling en doelstelling

In 9.2.1 tot 9.2.3 bespreek ik de drie onderzoeksvragen. Daarna volgt in 9.2.4 een bespreking van de probleemstelling en in 9.2.5 van de doelstelling.

9.2.1 *Voorbeeldgestuurd leren is een adequate leermethode*

De eerste onderzoeksvraag luidde:

Kan de informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een *adequate leermethode*?

Uit de geobserveerde trends blijkt dat studenten voorbeeldgestuurd leren een uitstekende leermethode vinden. Het stappenplan biedt daarbij houvast en zekerheid voor een zelfstandige uitvoering. Het voorbeeldgestuurd leren kan gebruikt worden door leerlingen met een grote diversiteit aan leerstijlen en stuurt eventueel bij naar de betekenis - en/of toepassingsgerichte leerstijl. Een goed werkende methode - dus adequaat - om computers te leren denken als een mens, kan dus bij uitstek worden gebruikt om mensen zelf beter te leren denken als mens.

9.2.2 *Voorbeeldgestuurd leren is een adequate lesmethode*

De tweede onderzoeksvraag luidde:

Kan de informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een *adequate lesmethode*?

Uit de geobserveerde trends blijkt dat studenten en leerlingen voorbeeldgestuurd lesgeven significant hoger beoordelen dan de traditionele manier van klassikaal lesgeven. De docenten vinden het een natuurlijke manier van lesgeven en ervaren het als 'van achteren naar voren lesgeven'. Voor ervaren docenten vraagt het slechts een geringe, maar wel fundamentele, aanpassing om hun lessen voorbeeldgestuurd te geven. De omschakeling kan in ongeveer vijf lessen plaatsvinden. Een leraar vond dat hij met voorbeeldgestuurd lesgeven minder formalistisch les gaf en meer vanuit zijn gevoel. De spontane reacties vormden als voorbeelden een wezenlijk onderdeel van de les en worden niet ervaren als ordeverstoring. De leraar vertelde dat hij meer plezier had gekregen in het lesgeven.

9.2.3 Voorbeeldgestuurd onderwijs sluit beter aan

De derde onderzoeksvraag luidde:

Sluit leren en lesgeven aan de hand van een informatieanalysemethode *beter* aan bij de manier waarop meisjes leren?

Ander onderzoek heeft een beeld gevormd van de ideale toestand over de manier waarop meisjes natuurkunde leren: de *Ideal State*. Daaruit blijkt dat er (meer) aandacht moet worden besteed aan het (1) *nut* van natuurkunde in de lessen. Verder moet de docent bij de keuzebegeleiding (2) *vertrouwen* hebben in de capaciteiten van meisjes voor natuurkunde. Ook moet het vak (3) *toegankelijk* zijn voor de leerlingen qua moeilijkheidsgraad, variatie in onderwerpen, orde en structuur. In voorbeeldgestuurd lesgeven zijn de drie genoemde items nadrukkelijk aanwezig. Het *nut* blijkt uit het starten met voorbeelden uit het dagelijks leven. Het *vertrouwen* blijkt uit het lesgeven vanuit de onzekerheid van de leerling die bij de verduidelijkingsdialoog daar volle aandacht voor krijgt. De *toegankelijkheid* blijkt uit de transfer van kennis die door de leerling begrepen is uit eerder opgedane ervaringen waarmee de nieuwe leerstof wordt vergeleken.

Bovenstaande items *nut*, *vertrouwen* en *toegankelijkheid*, gelden als aanbevelingen van wat leraren kunnen doen zodat meer meisjes natuurkunde gaan kiezen. Ook voor andere vakken en voor jongens zullen deze aanbevelingen gelden. De geobserveerde trends geven dan ook aan, dat meisjes ervaren dat ze bij voorbeeldgestuurd onderwijs meer leren en de lessen positiever waarderen dan bij het traditionele klassikaal onderwijs.

9.2.4 De probleemstelling en het voorbeeldgestuurd onderwijs

De probleemstelling luidde:

Hoe kan het technisch en natuurkundig onderwijs zo worden ingericht dat het niet langer ontmoedigend is voor meisjes?

Het grote verschil tussen meisjes en jongens blijkt hun beeld van eigen kunnen te zijn: meisjes hebben een geringer zelfbeeld dan jongens. Dit resulteert bij meisjes in een geringer zelfvertrouwen. Doordat voorbeeldgestuurd onderwijs niet uitgaat van de zekerheid van de leraar, maar omdraait en uitgaat van de onzekerheid van de leerling, zullen meisjes bemoedigd worden. Voorts stimuleert voorbeeldgestuurd onderwijs het gebruik van eerder opgedane ervaringen door transfer van kennis uit een ander domein. Het vergelijken van eerder opgedane ervaringen doet een beroep op sociale en emotionele intelligentie die impliciet zit in voorbeelden die ze begrijpen. Hierdoor krijgen meisjes meer zelfvertrouwen en dat moedigt hen aan bij het leren. Deze constatering geldt ook voor abstracte vakken zoals die bestaan in het technisch en natuurkundig onderwijs.

9.2.5 De doelstelling en het voorbeeldgestuurd onderwijs

De doelstelling luidde:

Het ontwikkelen van een onderwijsmethode die beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren dan de gangbare onderwijsmethoden.

Uit de resultaten komt naar voren dat voorbeeldgestuurd onderwijs aanzienlijk beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren, dan bij de gangbare manier van lesgeven. De doelstelling van dit onderzoek is dus bereikt.

De geobserveerde trends tonen zelfs meer dan de doelstelling aangeeft. Voorbeeldgestuurd onderwijs sluit niet alleen beter aan bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren, maar blijkt ook beter aan te sluiten bij de manier waarop meisjes andere vakken leren. Het is zelfs nog sterker: het resultaat geldt niet alleen voor meisjes, maar ook voor jongens.

Het onderzoek toont een overduidelijke trend dat voorbeeldgestuurd onderwijs een algemene, klassikaal bruikbare didactiek biedt die zowel aansluit bij de manier waarop meisjes leren als bij die waarop jongens leren. Dit resultaat overstijgt de oorspronkelijke doelstelling in ruime mate.

9.3 Aanbevelingen

Hieronder volgen twaalf aanbevelingen. Ze zijn als volgt opgedeeld. Ik geef zeven aanbevelingen voor de leermethode in 9.3.1, drie aanbevelingen voor de lesmethode in 9.3.2 en één voor de combinatie van beide in 9.3.3. Ik sluit het hoofdstuk af met een algemene aanbeveling in 9.3.4.

9.3.1 Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd leren

Het voorliggende onderzoek is er op succesvolle wijze enkel in geslaagd de leermethode uit te proberen bij studenten die de informaticeanalysemethode beheersten. Gezien de bemoedigende resultaten bij studenten in onderwerpen die in het voortgezet onderwijs behandeld worden, is mijn aanbeveling onderzoek te doen in het VMBO, het HAVO en het VWO. Om dit onderzoek te kunnen uitvoeren, doe ik de volgende aanbevelingen.

De voorbeeldgestuurde leermethode dient eerst geleerd te worden, alvorens ze bij andere vakken gebruikt kan worden. De aangewezen plaats voor het leren van de leermethode is daar waar *leren leren* centraal staat: de eerste klas van het middelbaar en voortgezet onderwijs.

1. De eerste aanbeveling is dan ook de methode aan te leren in de eerste klas van het middelbaar en voortgezet onderwijs.

2. De tweede aanbeveling hierbij is de methode te leren aan de hand van knelpunten bij de andere vakken, zoals het vervoegen van werkwoorden of het rekenen met breuken.

De leerlingen ervaren daardoor het nut van het gebruik van de methode, hetgeen hun intrinsieke motivatie verhoogt. De leermethode kan worden uitgevoerd met behulp van pen en papier, maar ook op een computer.

3. Daarom luidt de derde aanbeveling dat het gebruik van een computer is aan te raden wanneer de voorbeelden bestaan uit visueel of auditief materiaal.
4. Op logische wijze volgt hieruit de vierde aanbeveling dat het bij computergebruik mogelijk is te verwijzen naar voorbeelden op het Internet.
5. De vijfde aanbeveling is dat er een leerboek geschreven dient te worden om de methode te laten leren, zodat de leerlingen in de eerste klas zelfstandig leren te leren.

Na het leren van de methode kan de methode bij andere vakken gebruikt worden.

6. Mijn zesde aanbeveling is dat alle andere leerboeken ook volgens deze methode opgebouwd zouden moeten worden: starten met minstens twee concrete voorbeelden en zet vervolgens een discussie op over de overeenkomsten en de verschillen. Ook dienen er voorbeelden besproken te worden uit het dagelijks leven van de leerling, bij voorkeur uit een heel ander kennisgebied. Vooral auteurs van leerboeken die kennis van een hoog abstractieniveau willen overbrengen, zullen er baat bij hebben het boek op te bouwen volgens de methode van voorbeeldgestuurd leren.

9.3.2 *Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd lesgeven*

Het voorliggende onderzoek is er op succesvolle wijze in geslaagd de lesmethode uit te proberen bij het gebruik van voorbeeldgestuurd lesgeven in het HBO en het HAVO. Gezien de buitengewoon bemoedigende resultaten is mijn aanbeveling verder onderzoek te doen. Om dit onderzoek te kunnen uitvoeren, doe ik de volgende aanbevelingen.

De docenten die de lesmethode hebben uitprobeerde, vertelden vooraf dat ze veel voorbeelden gebruikten bij het lesgeven. Tijdens het onderzoek bleek dat lesgeven *met* voorbeelden, zoals ze tot dan toe deden, fundamenteel verschilt van lesgeven *vanuit* voorbeelden, omdat de lesvolgorde wordt omgedraaid. Om te ervaren dat 'van achteren naar voren' een natuurlijke manier van lesgeven is, raad ik aan het stappenplan te volgen. Om te leren het stappenplan te volgen zijn de aandachtspunten in drieën opgedeeld: voor (1) leraren, voor (2) leraren-in-opleiding en voor (3) docenten die leraren of leraren-in-opleiding begeleiden. Hieronder volgen drie aanbevelingen.

1. Leraren met ervaring in het lesgeven die voorbeeldgestuurd lesgeven willen leren, raad ik aan (a) de grote lijnen op papier te zetten en (b) een voorbeeld daarbij te zoeken. Bij de voorbereiding van de les moeten vervolgens (c) alle grote lijnen benoemd worden in het voorbeeld. Meestal liggen de voorbeelden voor de hand. Na enige tijd zal er een schat aan voorbeelden ontstaan bij een onderwerp, aangevuld door de spontane associaties waar de leerlingen mee komen tijdens de les.

2. Leraren-in-opleiding die leren lesgeven, raad ik aan om naast (a) de *lesmethode* ook (b) het stappenplan van de *leermethode* te leren gebruiken. Het zelf ervaren van de leermethode zal stimulerend werken om het stappenplan van de lesmethode goed uit te voeren.
3. Docenten die leraren of leraren-in-opleiding begeleiden, raad ik aan in ieder geval (a) een voorbespreking van de les te houden om de lesvoorbereiding van de leraar(-in-opleiding) te bespreken. Bij ervaren leraren zal een voorbespreking bij een les of vijf volstaan om de lesmethode redelijk te beheersen. De meeste aandacht zal daarbij uitgaan naar (b) het koppelen van het voorbeeld aan de grote lijnen, waardoor de nieuwe kennis aansluit bij de ervaring van de leerling: stap 3 van het stappenplan. De begeleidende docent van onervaren leraren-in-opleiding beveel ik aan om niet alleen bij de voorbespreking van de les aanwezig te zijn, maar ook (3) tijdens het geven van die les, om de leraar(-in-opleiding) op mogelijke verbeteringen in navolging van het stappenplan te kunnen attenderen.

9.3.3 *Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd onderwijs*

Voorbeeldgestuurd onderwijs is een combinatie van voorbeeldgestuurd leren en lesgeven. In de basisvorming van het voortgezet onderwijs wordt nog veelvuldig klassikaal lesgegeven en de verwachting is dat dit nog enige tijd voortduurt. Hierop is mijn aanbeveling gebaseerd.

1. Het verdient aanbeveling om het effect van voorbeeldgestuurd lesgeven en leren elkaar te laten versterken.

Dat kan in een les waarin de leraar voorbeeldgestuurd lesgeeft, waarna de leerling zelfstandig de voorbeeldgestuurde leermethode uitvoert om zich de nieuwe lesstof eigen te maken. De combinatie van aanbevelingen zoals hiervoor genoemd, geldt daarvoor.

9.3.4 *Algemene aanbevelingen*

Dit onderzoek ging over het gebruik van voorbeeldgestuurd leren en lesgeven in het onderwijs. Voorbeeldgestuurd onderwijs is een methode die bij iedere informatieoverdracht gebruikt kan worden, zowel binnen als ook buiten het reguliere onderwijs. Leren wordt nooit ingewikkelder dan het begrijpen van voorbeelden uit het dagelijks leven, de hoogste laag van informatieoverdracht.

De uitspraak "Ik leer snel cellospelen omdat ik goed kan roeien" werd mij duidelijk toen mijn celloleraar me in dezelfde terminologie toesprak als mijn roeicoach. Derhalve luidt mijn algemene aanbeveling als volgt.

Moge ieder die de ervaring heeft vanuit voorbeelden te leren daar profijt van hebben, ook in het dagelijks leven.



Referenties

- Adams, C. en V. Walkerdine (1986). *Investigating Gender in the Primary School*. London: ILEA.
- All, K. (1990). *Instructiestrategieën voor het activeren van preconcepties*. Tilburg: Proefschrift Katholieke Universiteit Brabant.
- Alting, A. (2003). *Nut, vertrouwen, toegankelijkheid. Wat docenten kunnen doen opdat meer meisjes natuurkunde gaan kiezen*. Eindhoven: Proefschrift Technische Universiteit Eindhoven.
- Alting, A. en W.J. Pelgrum (1990). The SISS in the Netherlands: Descriptives and gender differences. *Studies in educational evaluation*, 16, 421-441.
- Amelsfoort, J. van (1999). *Perspectief op instructie, motivatie en zelfregulatie. Een longitudinaal onderzoek naar de invloed van instructiegedrag van docenten op de motivationele oriëntatie en zelfregulatie van leerlingen in de onderbouw van het voortgezet onderwijs*. Nijmegen: Nijmegen University Press.
- Ames, C. en J. Archer (1988). Achievement goals in the classroom. Student's learning strategies and motivation processes. *Journal of Educational Research*, 80 (3), 260- 268.
- Arends, J. en M. Volman (1990). Juf, mag ik vanmiddag binnenblijven? Het schoolplein als pedagogische ruimte. *Didaktief*, 20 (1), 6-9.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*. New York, NY: Holt, Rinehart en Winston.
- AWT (2002a). *Schoolagenda 2010. Deel 1- Verkenning Kennis van Educatie 2010*. Den Haag: AWT.
- AWT (2002b). *Schoolagenda 2010. Deel 2 - Essays*. Den Haag: AWT.
- Axis (2002). *Beta/techniek verbeteren: 100 good practices*. Delft: Axis-publicatie.
- Axis (2003). *Mee(r) Doen. 50 stappen om te komen tot 15% meer Beta/Technici in 2010*. Delft: Axis-publicatie.
- Bahle, J. (1936). *Der Musikalische Schaffenprozess. Psychologie der schöpferischen Erlebnis- und Antriebsformen*. Leipzig: Christiani.
- Bakema, G., J.P. Zwart en H. van der Lek (2000). *Volledig Communicatiegeoriënteerde Informatiemodellering. FCO-IM*. Den Haag: Ten Hagen Stam.
- Barrows, H.S. (1971). *Simulated patients*. Springfield, ILL: Charles C. Thomas.
- Barrows, H.S. en R.M. Tamblyn (1980). *Problem-based learning, an approach to medical education*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Baxter Magolda, M.B. (1994). *Knowing and Reasoning in college. Gender-related Patterns in Students' Intellectual Development*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Belenky, M.F., B.M. Clinchy, N.R. Goldberger en J. Tarule (1986). *Womans's ways of knowing: The development of self, voice, and mind*. New York, NY: Basic Books.
- Belotti, E.G. (1975). *Zo worden kleine meisjes groot. De maatschappelijke conditionering van de vrouw in de vroege kinderjaren*. Den Haag: Bert Bakker.
- Bem, S.L. (1983). Gender Schema Theory and its Implications for Child Development: Raising Gender-aschematic Children in a Gender-schematic Society. *Signs*, 8, 598-616.
- Boekaerts, M. (1988). Vormen van leren: dynamisch affective aspecten. *Onderwijskundig Lexicon II* (A 2200 3-16). Alphen aan de Rijn: Samson.
- Boekaerts, M. en P.R.J. Simons (1995). *Leren en instructie. Psychologie van de leerling en het leerproces*. Assen: Van Gorcum.
- Bolhuis, S. (2000). *Naar zelfstandig leren: wat doen en denken docenten?* Leuven /Apeldoorn: Garant.
- Boltjes, A.J. (1966). *Elektronica in de informatietechniek*. Culemborg/Haarlem: De Technische Uitgeverij H. Stam N.V.
- Boltjes, E. G. (1996). *Allemaal lelijke eendjes. Over het beter worden van een vrouwelijk fysicus*. Leeuwarden.
- Borkowski, J.G. en A.J. Krause (1985). Metacognition and attributional beliefs. In G. d'Ydewalle (Ed.), *Cognition, information processing and motivation*, 557-569. Amsterdam: North Holland.
- Bots, J. en E. van Heck. (1999). *Management en Informatie. Leer- en handboek der bestuurlijke informatiekunde*. Schoonhoven: Academic Service.
- Brand, M. (1991). *Eindrapport MENT-project. Tien jaar aandacht voor de positie van meisjes in het natuurkunde- en techniek Onderwijs*. Eindhoven: MENT.
- Brooks, L.W. en D.F. Dansereau (1987). Transfer of information: an instructional perspective. In S.M. Comier en J.D. Hagman (Eds.), *Transfer of Learning*, 121- 150. New York, NY: Academic Press.

- Brown J.S., A. Collins en P. Duguid (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.
- Bruer, J.J. (1993). *Schools for thought. A science of learning in the classroom*. Cambridge, MA: Bradford.
- Bruner, J.S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 21-32.
- Bruner, J.S. (1966). *Towards a theory of instruction*. New York, NY: Norton.
- Chodorow, N. (1978). *The reproduction of mothering*. California: University of California.
- Clark, C.M. en P.L. Peterson (1986). Teachers' thought processes. In M.C. Wittrock (Ed.) *Handbook of research in teaching* (3rd ed.), 255-296. New York, NY: MacMillan.
- Cobb, P. (1994). Constructivism and learning. In T. Husen en T.N. Postlewaite (Eds.), *The international encyclopedia of education* (2nd. ed.), 1049-1052. Oxford: Pergamon Press.
- Collins, A., J.S. Brown en S.E. Newman (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction. Essays in honour of Robert Glaser*, 453-494. Hillsdale: Erlbaum.
- Comenius, J.A. (1892). Uit Didactica Magna vertaald door H. de Raaf. *Grote Onderwijsleer*. Tiel.
- Corporaal, B. (1988). *Bouwstenen voor een opleidingsdidactiek. Theorie en Onderzoek met betrekking tot Cognities van Aanstuande Onderwijsgevenen*. De Lier: Academisch Boeken Centrum.
- Corte E. de, L. Verschaffel en H. Schrooten (1991). Transfer van kennis en cognitieve vaardigheden. *Onderwijskundig lexicon II*, A 3300/1-19. Alphen aan de Rijn: Samson.
- Csikszentmihalyi, M. (1988). Motivation and creativity: Toward a synthesis of structural and energetic approaches to cognition. *New ideas in Psychology* 6 (2), 159-176.
- Dam, G. ten, E. van Eck en M. Volman (1992). *Onderwijs en Sekse. Een verkenning van researchprogramma's*. Den Haag: Vierde trendrapport STEO/DCO-publicatie.
- Dam, G. ten, M. Urlings en M. Volman (1991). *Sekseverschillen in het onderwijs: curriculum, didactiek en organisatie*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Dam, G.T.M. ten en S.E. Severiens (1995). Leerstijlen, leerstrategieën en leermotivatie. Een meta-analyse van het leren van vrouwen en mannen. *Pedagogische studiën*, 26, 206-220.
- Davies, B. (1993). *Shards of Glass. Children Reading and Writing beyond Gendered Identities*. Sydney: Allen and Unwin.
- Dekkers, H. (1990). *Seksespecifieke studiekeuzen in het wetenschappelijk onderwijs*. Nijmegen: ITS.
- Derrida, J. (1967). *De la grammatologie*. Parijs: Editions de Minuit.
- Devlin, K. (2000). *The Math Gene: How Mathematical Thinking Evolved and Why Numbers Are like Gossip*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Dewey, J. (1902). *The child and the curriculum*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Dewey, J. (1929). *The question for certainty*. New York, NY: Minton.
- Dietz, J. (1992). *Leerboek Informatiekundige Analyse*. Deventer: Kluwer Bedrijfswetenschappen.
- Doehy, F.J.R.C. (1992). *Assessment of prior knowledge as a determinant for future learning*. Heerlen: Open Universiteit.
- Dolk, M., F.A.J. Korthagen en Th. Wubbels (2000). Het denken en handelen van leraren in onmiddellijke onderwijssituaties. *Pedagogische Studiën*, 77, 101-116.
- Dolle-Willemsen, T.E. en A. Verbiest (1999). *Taal in de klas*. Amsterdam/Antwerpen: Uitgeverij Contact.
- Dolmans, D.H.J.M., W.H. Gijsselaars, H.G. Schmidt en S.B. van der Meer (1993). Problem Effectiveness in a Course Using Problem-based Learning. *Academic Medicine*, 68 (3), 207-213.
- Dolmans, D.H.J.M., H.A.P. Wolhagen en A.J.J.A. Scherpbier (1996). Interne kwaliteitszorg in ontwikkeling. *Medisch Contact*, 51 (35), 1105-1107.
- Dolmans, D., H.A.P. Wolhagen, C. van der Vleuten en W. Wijnen (1999). *Probleemgestuurd onderwijs: mythes en merites*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Duffy, T.M. en D.H. Jonassen (1991). Constructivism: New implications for instructional technology. *Educational Technology*, 31, 7-12.
- Dweck, C.S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41, 1040-1048.
- Eck, E. van (1994). *Het project Coornhert exact: een onderzoek naar implementatie en effecten*. Amsterdam: SCO/KI en ILO van de Universiteit van Amsterdam.
- Eck, E. van en M. Volman (1999). *Techniek, leuke hobby, saai baan? Eindrapport Evaluatie Technika 10 Plus*. Amsterdam: SCO-Kohnstamm Instituut.
- Eck, E. van en L. Veenen (1986). Wiskunde niets voor meisjes? *Pedagogische Studiën*, 63, 293-304.
- Eggink, J., E.J. Leenstra en G.M. Nijssen (1995). *Informatie in model. Over gegevens, feiten en afspraken*. Beutenaken: PNA Publishing.
- Elk, L. van en H. Lodewijks (1995). *Seksespecifieke verschillen in leerstijlen. Interim-rapport 1*. Tilburg: Sectie Onderwijs- en Opleidingspsychologie Katholieke Universiteit Brabant.

- Emancipatieraad, (1994). *Het mysterie van Thea. Advies Vrouwen en Technologie*. Den Haag: Emancipatieraad.
- Entwistle, N.J. (1981). *Styles of Learning and Teaching*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Freudenthal, H. (1987). *Schrijf dat op. Hans. Knipsels uit een leven*. Amsterdam: Meulenhoff.
- Frijda, N. (1986). *The Emotions*. Cambridge, Paris: Cambridge University Press en Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Gardner, H. (2000). *Intelligence Reframed*. New York, NY: Basic Books.
- Garner, R. (1987). *Metacognition and reading comprehension*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Geensen, J. (1980). *Over cognitieve stijl II*. Memo 24. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Geraedts, C.L., K.Th. Boersma, H.A.M. Huijs en H.M.C. Eijkelhof (2001). *Ruimte voor SONaTe. Onderzoek naar good practice op het gebied van samenhangend onderwijs in natuur en techniek in de basisvorming*. Delft: Axis-publicatie.
- Gibbons, M., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott en M. Trow (1994). *The New production of Knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: SAGE Publications.
- Gick, M.L. en K.J. Holyoak (1987). The cognitive basis of knowledge transfer. In S.M. Cormier en J.D. Hagman (Eds.), *Transfer of learning : contemporary research and application*, 13-46. San Diego, CA: Academic Press.
- Glaser, R. (1991). The Maturing of the Relationship Between the Science of Learning and Cognition and Educational Practice. *Learning and Instruction*, 1, 129-144.
- Gray, W.D. en J.M. Orasanu (1987). Transfer of cognitive skills. In S.M. Cormier en J.D. Hagman (Eds.), *Transfer of Learning*, 183-215. New York, NY: Academic Press.
- Griggs, R.A. en J.R. Cox (1982). The elusive thematic-materials effect in Wason's selection task. *British Journal of Psychology*, 73, 407-420.
- Hablé, R. (1986). Wie maakt nou van een mug een olifant? In G. ten Dam, M. Schoenmacker en J. Sibbes (Eds.), *Dekonstruktie van vrouwelijk leren*. Groningen: Andragogisch Instituut.
- Heymans, G. (1910). *Psychologie der vrouwen*. Groningen: Wolters.
- Hiele, P.M. van (1957). *De problematiek van het inzicht: gedemonstreerd aan het inzicht van schoolkinderen in meetkunde-leerstof*. Utrecht: Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Hiele, P.M. van (1973). *Begrip en inzicht*. Purmerend: Muusses.
- Inspectie van het Onderwijs (1999). *Werk aan de basis. Evaluatie van de basisvorming na vijf jaar*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs.
- Inspectie van het Onderwijs (2002). *Verslag van de staat van onderwijs in Nederland in het jaar 2001*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Joling, E., H.H. ten Voorde en A.H. Verdonk (1990). Verstudieboeking: de totstandkoming van feiten beschouwd vanuit een didactische optiek. *Tijdschrift voor β -wetenschappen*, 3, 197-221.
- Jörg, T., M. Man in 't Veld, Th. Wubbels en P. Verwey (1990). *Oorzaken van de geringe populariteit van natuurkunde als examenvak bij meisjes in het AVO*. Eindverslag SVO-project 6596. 2^{de} verbeterde versie. Utrecht: Vakgroep Natuurkunde Didactiek van de Rijksuniversiteit Utrecht.
- Jungbluth, P. (1978). *Van traditionele meisjespedagogiek tot roldoorbrekend onderwijs*. Nijmegen: Instituut Toegepaste Sociologie.
- Jungbluth, P. (1981). *Docenten over onderwijs aan meisjes: "Positieve discriminatie met een dubbele bodem"*. Nijmegen: Instituut Toegepaste Sociologie.
- Klausmeier, H.J. (1985). *Educational Psychology* (5th ed.). New York, NY: Harper and Row.
- Klerk, L.F.W. de en P.R.J. Simons (1988). Diverse opvattingen over leren. *Onderwijskundig Lexicon II*, A1100 3-18. Alphen aan de Rijn: Samson.
- Klerk, L.F.W. de en L. Verschaffel (1990). De computer als simulator en tutor van onderwijsleerprocessen. *Pedagogisch Tijdschrift*, 15, 303-312.
- KNAW (1997). *Wetenschap en Techniek Welvaart en Welzijn. Een verkenning van de oorzaken en gevolgen van de sterke daling van het aantal studenten in de natuur- en technische wetenschappen*. Amsterdam: KNAW.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning, experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall.
- Kolb, D.A. en R. Fry (1995). Towards an Applied Theory of Experiential Learning. In C. L. Cooper (Ed.), *Theories of Group Processes*, 33-57, London.
- Korthagen, F.A.J. (1998). *Leraren leren leren. Realistisch opleidingsonderwijs, geïnspireerd door Ph.A. Kohnstamm*. Amsterdam: Vossiuspers AUP (oratie).
- Korving-Engelse, A.E. (1984). Adviezen van docenten bij de keuze wiskunde, natuurkunde en scheikunde als eindexamenvak. Een onderzoek naar verschillen in adviezen aan jongens en aan meisjes in het vwo, havo en mavo. In organisatiecommissie ORD (red.), *Enkele papers over*

- voorrang in het onderwijs. *Bijdrage tot de onderwijsresearchdagen, 1983*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Kuyper, H., M.P.C. van der Werff, m.m.v. C.E. Clason, A. van 't Hoenderdal, D.M. Jongsma, J. Kamphorst, J. Korff en W. Otten (1987). *De invloed van het gedrag van docenten op de prestaties in keuze van en attitudes ten opzichte van wiskunde door meisjes in het AVO/VWO. Verslag van fase 1*. Groningen: Rion.
- Kuyper, H. en M.P.C. van der Werff (1991). De invloed van docenten op de sekseverschillen met betrekking tot wiskunde. *Tijdschrift voor onderwijsresearch*, 1, 3-18.
- Legendijk, A. (2002). Duizend plaatjes. Column in de Volkskrant van 12 januari 2002, 5W.
- Lowijk, J. en N. Verloop (Eds.) (1995). *Onderwijskunde. Een kennishuis voor professionals*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Maddi, S.R. (1970). The search of meaning. In W.J. Arnold en M.M. Page (Eds.), *Nebraska Symposium on Motivation*. Lincoln: University of Nebraska Press.
- Maehr, M.L. (1983). Meaning and motivation. Towards a theory of personal investment. In R.E. Ames en C. Ames (Eds.), *Research on motivation in education: Vol. 1. Student motivation*, 115-144. New York, NY: Academic Press.
- Man in 't Veld, M. (1991). *Emancipatorisch onderwijs in de natuurwetenschappen: gewoon goed onderwijs?* Utrecht: Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht, Stichting Vrouwen en Exacte vakken (VeEX).
- Man in 't Veld, M. en A. Alting (1990). Conferentieverslag. GASAT-1990. *Tijdschrift voor Didactiek der β-wetenschappen*, 8. Utrecht: Tdβ.
- Matthijssen, M.A.J.M. (1991). *Lessen in orde: Een onderzoek naar leerlingperspectieven in het voortgezet onderwijs*. Amersfoort: Acco.
- Meeder, M. en F. Meester (1984). *Vrouwswiskundig. Meisjes in het wiskundeonderwijs*. Amsterdam: Vrouwendrukkerij Virginia.
- Meijer, M. (1991). Binaire opposities en academische problemen. *Tijdschrift voor vrouwenstudies*, 12, 1.
- Middelink, J.W. (1991). *Systematische natuurkunde voor bovenbouw havo*. Apeldoorn: Van Walraven.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1989). *Advies over de Eindtermen Basisvorming in het Voortgezet Onderwijs. 12: Natuur- en Scheikunde*. Den Haag: DOP.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1990). *Evaluatie voorlichtingscampagne Kies Exact*. Den Haag: Centrale directie voorlichting, bibliotheek en internationale betrekkingen.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1997). *Teken van kwaliteit*. Den Haag: Sdu.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1998). *Een kristal van kansen. Emanipatiënnota 1998-2002*. Den Haag: Sdu.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (2001). *Wet op de Beroepen in het Onderwijs*. Den Haag: Sdu.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (2003). *Ruimte laten en keuzes bieden in de Tweede Fase HAVO en VWO*. Den Haag: Sdu.
- Mustard, J.F., V.R. Neufeld, W.J. Walsh en J. Cochran (1982). *New trends in health sciences education, research and services: The McMaster experience*. New York, NY: Praeger Publishing.
- NGGO (1990). *16 Methoden voor systeemontwikkeling. Een vergelijkend rapport van het NGGO*. Onder S.F.N. van 't Veld. Amsterdam: Tutein Nolthenius.
- Nicholls, J.G. (1987). *Motivational orientations: Individual and classroom differences*. Paper presented at the Secondary Workshop on Achievement and Task Motivation, Ringberg Castle, Tegernsee.
- Nijssen, G.M. en T.A. Halpin (1989). *Schema and Relational Database Design. A fact oriented approach*. Sydney: Prentice Hall.
- Nijssen, G.M. en A.G. de Vos (1991). *Matemataal. InformatieAnalyse en gegevensbankOntwerp*. Slenaken: Nijssen Adviesbureau.
- Nijssen, G.M. (1993). *Universele Informatiekunde*. Beutenaken: PNA Publishing.
- Oakley, A. (1972). *Sex, Gender Society*. Maurice Temple Smith, Londen. In 1975 vertaald als: *Op gelijke voet. Vermeende verschillen tussen man en vrouw*. Bloemendaal: Nelissen.
- Offereins, M. (1996). *Vrouwen Miniaturen. Biografische schetsen uit de exacte vakken*. Utrecht: Centrum Vrouwen en Exacte Vakken.
- Oosterheert, I.E. en J.D. Vermunt (2001). Individual differences in learning to teach - relating cognition, regulation and affect. *Learning and Instruction*, 11 (2), 133-156.
- Oosterheert, I.E., J.D. Vermunt en R. Veenstra (2002). Manieren van leren onderwijzen en relaties met persoonsgebonden en contextuele variabelen. *Pedagogische Studiën*, 79, 251-268.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2001a). *Education at a Glance*. Paris: OECD.

- Organisation for Economic Co-operation and Development (2001b). *Knowledge and skills for life- First results from PISA 2000*. Paris: OECD.
- OSA (1998). *Vaardigheden in perspectief?* Den Haag: OSA.
- Overtom-Corsmit, R. (1991). *Informatieverwerking door hoogbegaafde leerlingen bij het oplossen van wiskunde problemen*. De Lier: Academisch boekencentrum.
- Pask, G. (1988). Learning strategies, teaching strategies and conceptual or learning style. In R.R. Schmeck (Ed.), *Learning strategies and learning styles*, 83-100. New York, NY: Plenum Press.
- Peeck, J. (1993). Increasing picture effects in learning from illustrated text. *Learning and instruction*, 3, 227-238.
- Peters, C. (1987). *Meisjes, informatica en didactiek. Een literatuurstudie t.b.v. het COBO-project Meisjes, Informatica en Didactiek*. Utrecht: COBO.
- PMB (1993a). *Van kerndoel naar praktijk, deel A*. Almere: ProcesManagement Basisvorming.
- PMB (1993b). *Van kerndoel naar praktijk, deel B*. Almere: ProcesManagement Basisvorming.
- Renkema, M. et al. (2000). *Diversiteit in de klas. Een onderzoek naar omgaan met verschillen*. Nijmegen: Instituut voor Toegepaste Sociale Wetenschappen.
- Resnick, L.B. (1983). Toward a cognitive theory of instruction. In S. Paris, G. Olsen en H. Stevenson (Eds) *Learning and motivation in the classroom*, 5-38. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Resnick, L.B. (1987). Learning in school and out. *Educational researcher*, 16 (12), 13-20.
- Riethof, M., V. Fens, R. Hablé en H. Visser (1987). Vrouwen lezen 'op aanraken'. De verbondenheid met theorieën benoemd en ... toegestaan? In G. ten Dam, D. Jeltima, J.Koop, M. Schoenmacker en M. Volman (Eds.), *Leren*, 41-48. Groningen: Zomeruniversiteit Vrouwenstudies.
- Rikhof-van Eijk, M. en I. Neuman (1989). *Systeem van vrouwen, meisjes, informatica en didactiek*. Utrecht: COBO/CIBB.
- ROA, (1993). *Toekomst in techniek?* Research Centrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt. Maastricht: Universiteit Limburg.
- Roelofs, E.C., H.A.M. Franssen, A.A.M. Houtveen en N.A.J. Lagerweij (1999). Een dieptestudie naar authentiek leren in de Basisvorming. Docentgedrag, methodengebruik, en leerlingpercepties. *Pedagogische Studiën*, 76 (4), 258-272.
- Roelofs, E.C. en A.A.M. Houtveen (1999). Didactiek van authentiek leren in de basisvorming. *Pedagogische Studiën*, 76 (4), 237-257.
- Rogers, C. (1969). *Freedom to Learn*. Columbus, OH: Charles E. Merrill.
- Rossum, E.J. en S.M. Schenk (1982). Eerste- of tweede orde perspectief: Een compromis. In J. Suls en A.G. Greenwald (Eds.), *Psychological perspective on the self*, Vol. 3. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Salomon, G. en D.N. Perkins (1990). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanism of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24, 113-142.
- SBL (2002). *Leraar: beelden van bekwaamheid* (cd-rom). Den Haag: SBL.
- Schmeck, R.R. en E. Geisler-Brenstein (1989). Individual differences that affect the way students approach learning. *Learning and Individual Differences*, 1, 85-124.
- Schmidt, H.G. (1983). Intrinsieke motivatie en studieprestaties: Enkele verkennende onderzoeken. *Pedagogische Studiën*, 60, 385-395.
- Schmidt, H.G. en J.H.C. Moust (1998). *Probleemgestuurd onderwijs. Praktijk en theorie*. Uit de Hoger Onderwijs Reeks. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Schnabel, P. (2000). *Een sociale en culturele verkenning voor de langere termijn. Trends, dilemma's en beleid*. 's Gravenhage: CPB/SCP.
- Schneider, W., J. Körkel en F.E. Weinert (1988). *Expert knowledge, general abilities and textprocessing*. Paper presented at the workshop on Interactions among aptitudes, Strategies and knowledge in cognitive performance, München.
- Schneider, K. (1989). *Motivation and performance*. Paper presented at the first European congress of Psychology, Amsterdam.
- Schnotz, W. (Ed.) (1993). Comprehension of graphics in Texts. *Learning and instruction*, 3, 151-249.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense-making in mathematics. In D.A. Grouws (Ed), *Handbook of research on mathematics learning and teaching*, 334-370. New York, NY: MacMillan.
- Schreiber, A. Th., J.M. Akkermans, A.A. Anjewierden, R. de Hoog, N.R. Shadbolt, W. Van de Velde en B.J. Wielinga (1999). *Knowledge Engineering and Management. The CommonKADS Methodology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Schunk, D.H. (1990). Motivation and self-efficacy [special issue]. *Journal of Educational Psychology*, 82 (1), 3-6.
- Scott, J. W. (1989). Deconstructie van gelijkheid-versus-verschil. De bruikbaarheid van de poststructuralistische theorie voor het feminisme, in *Tiende jaarboek voor Vrouwengeschiedenis*.

- Nijmegen: SUN (oorspronkelijke titel in 1988: Deconstructing Equality-versus-Difference: Or, the Uses of Poststructuralist Theory for Feminism, in *Feminist Studies*, 14).
- Seegers, G.H.J. en M. Boekaerts (1992). *Gender related differences in motivation and arithmetic ability*. Paper presented at the European Conference on Educational Research, Enschede.
- Severiens, S., G.T.M. ten Dam en E. Nijenhuis (1998). Ways of knowing and patterns of reasoning: Searching for gender-sensitive dimensions. *Gender and Education*, 10 (3), 327-342.
- Severiens, S. en G.T.M. ten Dam (1998). A multilevel meta-analysis of gender differences in learning orientations. *British Journal of Educational Psychology*, 68, 595-608.
- Simon, D.P. en H.A. Simon (1987). Individual differences in solving physics problems. In R.S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, NY: Erlbaum.
- Simons, P.R.J. en J.G.L.C. Lodewijks (1987). Regulatory cognitions during learning from text. In E. De Corte, H. Lodewijks, R. Parmentier en P. Span (Eds.), *Learning and instruction: European research in an international context*, 1, 357-368. Oxford: Leuven University Press and Pergamon.
- Simons, P.R.J. (1990). *Transfervermogen*. Nijmegen: Quick Print.
- Simons, P.R.J., en F.P.C.M. de Jong (1992). Metacognitive skills and computer aided instruction. *Applied Psychology: An international review*, 41 (4), 333-346.
- SLO (1993). *Techniek ook een vak voor meisjes*. Enschede: SLO.
- Snellen-Balendong, H. en D. Dolmans (1999). *Constructie van blokken in probleemgestuurd onderwijs*. Hoger Onderwijs Praktijk. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Steehouder, M., C. Jansen, K. Maat, J. van der Staak, D. de Vet, M. Witteveen en E. Woudstra (1999). *Leren communiceren. Handboek voor mondelinge en schriftelijke communicatie*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Sternberg, R.J. (1988). Mental self-government: a theory of intellectual styles and their development. *Human Development*, 31, 197-224.
- Streun, A. van (2001). *Het denken bevorderen*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.
- Taatgen, N., P. Hendriks en T. Andringa (1997). *Breimakers en Breinbrekers. Inleiding cognitiewetenschap*. Amsterdam: Addison Wesley en Longman.
- Tennyson, R.D. (1994). Concept Learning. In T. Husen en T.N. Postlethwaite (Eds.), *The international encyclopedia of education* (2nd ed.), 1016-1020. Oxford: Pergamon Press.
- The Vanderbilt Cognition and Technology group (1990). Anchored instruction and its relation to situated cognition. *Educational Researcher*, 19 (6), 2-10.
- Tienhoven, H. (2000). *De gemotiveerde docent*. Amersfoort: CPS.
- Tobias, S. (1978, 1994 revised). *Overcoming Math Anxiety*. New York, NY: Norton.
- Uerz, D., H. Dekkers en J. Dronkers (1999). Wiskunde- en taalvaardigheid als voorspeller van B-keuzen in het voortgezet onderwijs. *Pedagogische Studiën*, 76 (3), 170-187.
- Vauras, M. en E. Lehtinen (1991). *Cognitive motivational training with learning disabled: Solving problems in transfer?* Paper presented at the Fourth European Conference for Research on Learning and Instruction, Turku.
- Veeken, L., E. van Eck, J. Spetter en A. de Visch-Eybergen (1982). *Kiezen en delen, factoren in het onderwijs die van invloed zijn op de onderwijskeuzen van meisjes*. Amsterdam: SCO.
- Veen, K. et al. (1999). Opvattingen van docenten in het voortgezet onderwijs over hun professionaliteit. *Pedagogische Studiën*, 24 (4), 401-431.
- Veenman, M.V.J., J.J. Elshout en V.V. Busato (1992). *Metacognitive mediation in learning with computer-based simulations*. Paper presented at the European Conference on Educational Research. Enschede.
- VeEX en VHTO (1994). *Stroomopwaarts. Adviesrapport over de vernieuwing van de tweede fase van het vo in het licht van deelname van meisjes aan exacte vakken en het hoger technisch onderwijs*. Stichting Vrouwen en Exacte Vakken (VeEX) en stichting Vrouwen en Hoger Technisch Onderwijs (VHTO).
- Vermunt, J.D.H.M. (1992). *Leerstijlen en sturen van leerprocessen in het hoger onderwijs*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- VHTO, (2001). *Technova, Integrale Emancipatoire innovatie HBO*. Amsterdam: VHTO.
- Wansink, J.H. (1967). *Didactische oriëntatie voor wiskundeleraars*. Groningen: Wolters.
- Wason, P.C. (1966). Reasoning. In B.M. Foss (Ed.), *New Horizons in Psychology*. Harmondsworth: Penguin.
- Werf, M.P.C. van der (1986). Vrouwelijke docenten als identificatiemodellen voor meisjes. *Pedagogische Studiën*, 63 (7/8), 305-314.
- Witte, M. (1994). *Meisjes en VWO wiskunde B*. Utrecht: Stichting VeEX.
- Wijnstra, J. M. (2001). *Bruikbare kennis en vaardigheden voor jonge mensen*. Arnhem: CITO-groep.
- Wolters, F.J.M. en G.H. Wolters-Hoff (2001). Natuurkunde en het NT-profiel... iets voor meisjes? *NFOK*, 26 (1).

Appendices Kortingen

Appendix A Het evaluatieformulier

Voorbeeld_{IG} Onderwijs

les ... datum

ik ben een

meisje / jongen

de algehele beoordeling van deze les geef ik het cijfer:

de drie belangrijkste punten die de docent deze les wilde behandelen zijn:

met cijfer voor uitleg:

| |
|--|
| |
| |
| |

| |
|--|
| |
| |
| |

de drie belangrijkste zaken die ik in deze les geleerd heb zijn:

met cijfer voor mijn begrip nu:

| |
|--|
| |
| |
| |

| |
|--|
| |
| |
| |

eventuele opmerkingen:

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |

Appendix B Resultaten pilotstudie

De pilotstudie is uitgevoerd tijdens colleges aan eerstejaars studenten van de opleiding Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden. De hier getoonde resultaten zijn van een aansluitende reeks colleges informatieanalyse die ik gaf in de tijdsperiode oktober 2000 tot januari 2001. De opzet van de reeks colleges was als volgt.

- Van alle geëvalueerde colleges is een video-opname gemaakt.
- Alle colleges vonden plaats het 1^e en 2^{de} uur.
- In periode twee (P2) werd de oorspronkelijke les gegeven aan groep c&d en de herhaling (eventueel aangepast) aan de groep a&b.
- In periode drie (P3) werd de volgorde omgedraaid.

In 7.1.3 bespreek ik de resultaten van de colleges in periode 3 week 3 (P3w3) en in 7.1.4 de resultaten van de colleges in periode 2 week 2 (P2w2).

| Periode week | Groep | Onderwerp/ aanpassing | Beoordeling | | |
|--------------|-------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | | | Algemene indruk | Lesgeven docent | Leren student |
| P2w2 | c&d | Nominalisatie | 7,09 ± 0,09 | 7,01 ± 0,07 | 6,83 ± 0,11 |
| | a&b | Start met metagrammaticaal voorbeeld | 7,36 ± 0,15 | 7,22 ± 0,10 | 7,08 ± 0,14 |
| P2w3 | c&d | Equivalente transformatie | 7,02 ± 0,13 | 7,07 ± 0,08 | 6,96 ± 0,08 |
| | a&b | Start met metagrammaticaal voorbeeld | 7,42 ± 0,15 | 7,36 ± 0,11 | 7,16 ± 0,12 |
| P2w4 | c&d | ONF-transformatie | 7,02 ± 0,13 | 7,07 ± 0,08 | 6,96 ± 0,08 |
| | a&b | Idem en geen verwijzingen | 7,42 ± 0,15 | 7,36 ± 0,11 | 7,16 ± 0,12 |
| P2w5 | c&d | Proeftoets | 6,71 ± 0,26 | 6,69 ± 0,12 | 6,67 ± 0,13 |
| | a&b | Sfeerverschil | 7,50 ± 0,55 | 7,50 ± 0,35 | 7,00 ± 0,50 |
| P3w2 | a&b | Subtypering | 7,08 ± 0,23 | 7,27 ± 0,15 | 6,91 ± 0,31 |
| | c&d | Grote lijnen extra herhalen | 7,02 ± 0,17 | 7,24 ± 0,13 | 7,41 ± 0,13 |
| P3w3 | a&b | Klassediagram | 7,21 ± 0,10 | 7,19 ± 0,10 | 7,16 ± 0,12 |
| | c&d | Geen: <i>dezelfde</i> les | 7,17 ± 0,14 | 7,21 ± 0,08 | 7,34 ± 0,11 |
| P3w4 | a&b | Metagrammatica | 7,41 ± 0,12 | 7,57 ± 0,15 | 7,35 ± 0,11 |
| | c&d | Sfeerverschil | 7,39 ± 0,13 | 7,33 ± 0,11 | 7,19 ± 0,10 |

Lijst van afkortingen

| | |
|----------|---|
| ANW | Algemene Natuurwetenschappen |
| AOb | Algemene Onderwijs bond |
| AWT | Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid |
| BVE | Beroepsonderwijs en VolwassenenEducatie |
| C&M | Cultuur & Maatschappij |
| CBS | Centraal Bureau voor Statistiek |
| CCC | Cross-curricular competencies |
| CITO | Centraal Instituut voor Toetsontwikkeling |
| COS | Commissie van Overleg Sectorraden |
| DCE | Directie Coördinatie Emancipatiebeleid |
| E&M | Economie & Maatschappij |
| EQ | Emotionele Intelligentie |
| ER | Entity Relation |
| FOM | Fundamenteel Onderzoek van de Materie |
| HAVO | Hoger Algemeen Voortgezet Onderwijs |
| HEWET | HERverkaveling Wiskunde Een en Twee |
| HOOP | Hoger Onderwijs en Onderzoek Plan |
| HTS | Hogere Technische School |
| IG | InformatieGrammatica |
| ISAC | Information Systems work and Analysis of Changes |
| KNAW | Koninklijke Nederlandse Akademie van de Wetenschappen |
| MAVO | Middelbaar Algemeen Voortgezet Onderwijs |
| MinOCenW | Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen |
| N&G | Natuur & Gezondheid |
| N&T | Natuur & Techniek |
| NHL | Noordelijke Hogeschool Leeuwarden |
| NIAM | Natuurlijke taal InformatieAnalyseMethode |
| NNV | Nederlandse Natuurkundige Vereniging |
| NPN | Nederlands Platform voor Natuurkunde |
| NVON | Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen |
| NVOX | Verenigingsblad van de NVON |
| NVvW | Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraars |
| NWO | Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek |
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| OESO | Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling |
| OSA | Organisatie voor Strategisch Arbeidsmarktonderzoek |
| PGO | ProbleemGestuurd Onderwijs |
| PISA | Programme for International Student Assessment |
| PMB | ProcesManagement Basisvorming |
| PO | Project Onderwijs |
| ROA | Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt |
| SBL | Stichting Samenwerkingsorgaan Beroepskwaliteit Leraren |
| SDM | System Development Methodology |
| SLO | Stichting voor de Leerplan Ontwikkeling |
| SVO | Stichting voor Onderzoek van het Onderwijs |
| TIMMS | Trends in International Mathematics and Science Study |
| VHTO | Stichting Vrouwen en Hoger Technisch Onderwijs |
| VMBO | Voorbereidend Middelbaar Beroeps Onderwijs |
| VSNU | Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten |
| VVAO | Vereniging van Vrouwen met een Hogere Opleiding |
| VVO | Vereniging voor het management in het Voortgezet Onderwijs |
| VWO | Voorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs |

Index

Zakenregister

- Abstract denkvermogen, 59, 61
Anti-didactische inversie, 53, 149, 184, 195
ASI-indeling, 53
Authentiek leren, 42
Betekenisgerichte leerstijl, 45, 93
Binaire oppositie, 57
Cellospelen, 97
Combinatorial learning, 80
Competenties, 140, 148, 150
Concrete voorbeelden, 3, 11, 17, 42
Contextrijke voorstellingen, 53, 67, 160
Cross-Curricular Competencies, 40
Deductief, 49
Denkniveau, 18, 49, 53
Denktrant, 51, 53, 54
Diep verwerken, 77
Diversiteit, 35, 41, 43
Drielagen-structuur, 19, 21, 23, 100
Elaboratie, 77, 153, 161
Elementaire zinnen, 73, 115
Emotionele intelligentie, 35
Epistemological Reflection model, 43
Ervaringsleren, 90
Ervaringswereld, 18, 42, 136, 161, 203
Feiten, 19, 62, 87, 89
Geconditionaliseerde kennis, 89
Gender, 43, 56
Good practices, 39
Grote lijnen, 16, 20, 62, 76, 87, 129, 136
Informatiegrammatica, 78, 80, 117
Inductief onderwijsproces, 49
Informatieanalysemethode, 8, 21, 62
Informatieoverdracht, 21
Informeel leren, 47
Intelligentie, 38
Intrinsieke motivatie, 162
Kenniseconomie, 35, 38
Kennistransfer, 162
Keuzeprofiel, 73
Klassesfeer, 92
Leerstijl, 43, 93
Leerstrategie, 91
Meervoudige intelligentie, 38
Mentale voorstelling, 3, 7, 11
Metagrammatica, 100
Misconceptions, 95, 161
Modus leren, 38
Nieuwe leren, 38
Ongerichte leerstijl, 93
Ontdekkend leren, 151
Onzekerheid, 102, 105, 107
Oude leren, 38
Overeenkomsten, 17, 81, 99, 134
Prestatiegerichte leerstijl, 45
Prioritaire kennisvragen, 41
Probleemgestuurd onderwijs, 35, 153
Profielkeuze, 36
Relevant voorbeeld, 14, 69, 127, 131
Reproductiegerichte leerstijl, 45, 93
Roddelen, 60
Roeien, 97, 209
Routetransfer, 92
Ruis, 71, 73
Samenhang grote lijnen, 9, 87, 121
Samenhangend onderwijs, 33, 142
Samenleving, 38
Sekseverschil, 41, 55, 58, 147
Sociale intelligentie, 35, 103
Socialisatieverschil, 55, 58
Studentgericht leren, 152
Studiehuis, 35
Subordinate learning, 80, 185
Superordinate learning, 80, 185
Taakgeoriënteerd, 95
Theorieconstructie, 152

Toepassingsgerichte leerstijl, 93
 Totaliteit, 81, 110
 Transfer, 88, 89
 Trucje, 10, 59, 60, 61, 100, 209
 TVS-karakteristieken, 141, 143, 149
 Uniciteit, 83
 Universe of Discourse, 66, 127, 154
 Verankerde instructie, 89

Verduidelijkingsdialoog, 81, 86, 94
 Verschillen, 17, 81, 101, 134
 Verwoorden, 15, 71, 71, 98
 Voorkennis, 70, 88
 Zelfbeeld, 54
 Zelfstandigheid, 157, 163
 Zelfwaardering, 54

Index

Namenregister

- Adams, 58
 Ali, 86
 Alting, 56, 145
 Ames, 92
 Arends, 58
 Ausubel, 75, 78, 80, 185
 AWT, 30, 38, 40, 41, 44, 144, 151
 Axis, 32, 33, 34
 Bahle, 3
 Bakema, 65, 168
 Barrows, 151
 Baxter, 43, 44
 Belotti, 56
 Bem, 57
 Boekaerts, 86, 88, 91, 149
 Boltjes, 27, 123, 137
 Borkowski, 150
 Bots, 173, 174, 176
 Brooks, 89
 Brown, 89, 92
 Bruner, 151
 Chodorow, 55, 58, 59, 61
 Clark, 148
 Collins, 89, 92
 Comenius, 189
 Corporaal, 148
 Cox, 68
 Dam, 43, 44, 45, 58, 90
 Davies, 57
 Dekkers, 56
 Derrida, 57, 58
 Devlin, 60
 Dewey, 151
 Dietz, 65
 Dochy, 71
 Dolk, 149
 Dolle-Willemsen, 147
 Dolmans, 158, 159, 161
 Duffy, 89
 Eck, 43, 148
 Eggink, 65
 Entwistle, 45
 Freudenthal, 53, 149
 Frijda, 46
 Gardner, 39
 Geraedts, 34
 Gibbons, 40
 Gick, 89
 Glaser, 158
 Gray, 89
 Griggs, 67, 68
 Hendriks, 67
 Heymans, 42
 Hiele, 49, 50, 51
 Inspectie van het Onderwijs, 144
 Johnson-Laird, 68
 Jörg, 48, 132
 Jungbluth, 146
 Klausmeier, 76
 KNAW, 29, 32, 37
 Kolb, 91
 Korthagen, 149
 Korving-den Engelse, 55
 Kuyper, 56
 Lagendijk, 59, 60
 Matthijssen, 86
 Meeder, 34
 Meijer, 57, 60
 Middelink, 102
 MinOCenW, 34, 35, 36, 42, 57, 139
 Mustard, 152
 NGGO, 65
 NIAM, 7, 18, 65, 115
 Nicholls, 92
 Nijssen, 7, 8, 19, 22, 75, 72
 NPN, 37
 Oakley, 56
 OECD, 30, 31, 32, 46, 58, 105
 Offereins, 103, 151
 Oosterheert, 45, 149
 OSA, 35
 PISA, 31, 32, 46, 54, 47, 58, 105
 PMB, 141
 ROA, 48
 Roelofs, 142, 143, 150
 Rogers, 152
 Rossum, 89
 Salomon, 92
 SBL, 139, 140
 Schmeck, 77
 Schmidt, 152, 161
 Schnabel, 38

Schneider, 70, 88, 89
 Schreiber, 22
 Schunk, 150
 Scott, 56
 Severiens, 43, 44, 45, 90
 Simons, 73, 86, 91, 92
 Snellen-Balendong, 159
 Steehouder, 116
 Sternberg, 243
 Technika10, 43
 Tennyson, 76
 Tienhoven, 143
 Tobias, 7, 27, 28, 48

Uerz, 56
 VanderBilt, 89, 91
 Vauras, 150
 Vermunt, 45, 73, 93, 149, 160, 162
 Verruijt, 29, 32
 Vijlder, 38, 39
 Volman, 43, 58, 147
 Wansink, 51
 Wason, 67
 Weinert, 70
 Wijnstra, 31
 Wolters, 49

Samenvatting

Er zijn weinig meisjes die exacte vakken kiezen. Dat ligt volgens mij niet aan de meisjes, maar aan de gangbare manier van leren en lesgeven. Dit onderzoek geeft aan dat de herformulering van een informaticaanalysemethode een leer- en lesmethode biedt die goed aansluit bij de manier waarop meisjes leren. De methode gaat uit van voorbeelden, vandaar dat zij *voorbeeldgestuurd onderwijs* is genoemd.

Hoofdstuk 1 is een inleidend hoofdstuk over mijn eigen ervaringen. In hoofdstuk 2 geef ik een voorbeeld van voorbeeldgestuurd onderwijs. Het hoofdstuk sluit ik af met de probleemstelling en de doelstelling van mijn onderzoek. Ze luiden als volgt.

Probleemstelling:

Kan het technisch en natuurkundig onderwijs zo worden ingericht dat het niet langer ontmoedigend is voor meisjes?

Doelstelling:

Het ontwikkelen van een onderwijsmethode die beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren dan de gangbare onderwijsmethoden.

In hoofdstuk 3 beschrijf ik dat voorbeeldgestuurd onderwijs een opstap biedt naar abstract denken, vooral voor meisjes. Daartoe bespreek ik (1) het nieuwe leren, (2) het verschil in schoolprestaties tussen meisjes en jongens en (3) de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs.

(1) In onze snel veranderende samenleving zien we een verschuiving van het oude leren naar het nieuwe leren. Staan bij het oude leren de theorie en het lesgeven van de docent centraal, bij het nieuwe leren verandert dat naar het centraal stellen van vragen van de leerling. Het nieuwe leren gaat uit van een grote invloed van het informele leren door het gebruik van de ervaringen van de leerlingen. Voorts moet het nieuwe leren aansluiten bij meervoudige intelligenties, waarbij sociale en emotionele intelligentie een grotere invloed zullen verkrijgen dan ze hadden bij het oude leren. De veranderingen sluiten met name aan bij de wijze waarop meisjes leren. Drie onderwijsvormen die gebruik maken van het nieuwe leren zijn: competentiegericht onderwijs, projectonderwijs en probleemgestuurd onderwijs. De genoemde vormen van het nieuwe leren worden echter niet toegepast in klassikaal onderwijs. Toch wordt in de huidige praktijk nog vaak klassikaal lesgegeven, zeker in de basisvorming waar leerlingen kunnen kiezen voor een technisch profiel. Ik verwacht overigens dat deze klassikale onderwijsvorm nog lang zal bestaan. Voorbeeldgestuurd onderwijs is in dat geval volgens mij de beste onderwijsmethode. Voorbeeldgestuurd onderwijs benut immers volledig de voordelen van het nieuwe leren binnen het klassikaal onderwijs.

(2) Het verschil in schoolprestaties tussen meisjes en jongens blijkt niet te ontstaan door een verschil in cognitief vermogen, maar door een verschil in zelfbeeld ten opzichte van de behaalde score. Meisjes hebben een lager zelfbeeld van hun eigen

kunnen dan jongens. Daarbij is niet het sekseverschil het belangrijkste onderscheid, maar het socialisatieverschil tussen de seksen. In het socialisatieproces ontstaat het verschil in abstract denken tussen meisjes en jongens: meisjes geven eerder toe aan hun onzekerheid en jongens houden eerder vast aan de grote lijnen.

(3) Voorbeeldgestuurd onderwijs sluit aan bij de onzekerheid van de leerling. Het gaat ervan uit dat goede informatieoverdracht plaatsvindt in drie lagen: de voorbeelden bevinden zich daarbij in de bovenste laag, de grote lijnen in de middelste laag en de feiten in de onderste laag. De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs is (a) uit het voorbeeld (de bovenste laag) op geloofwaardige inductieve wijze de grote lijnen (uit de middelste laag) analyseren en (b) op inductieve wijze de grote lijnen (uit de middelste laag) vergelijken met de voorbeelden (van de bovenste laag). Deze manier van denken is een opstap naar abstract denken. De voorbeelden komen uit de ervaringswereld van de leerling die zij begrijpt. Daarbij ervaart de leerling de grootst mogelijke zekerheid.

In hoofdstuk 4 wordt aan de hand van voorbeelden het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren gepresenteerd. Iedere stap afzonderlijk wordt getoetst aan de literatuur van leerpsychologie en onderwijsdidactiek. Voorbeeldgestuurd leren kan worden gebruikt door studenten met een grote diversiteit aan leerstijlen, en stuurt zonodig bij naar de betekenisgerichte en/of toepassingsgerichte leerstijl.

In hoofdstuk 5 geef ik weer dat studenten voorbeeldgestuurd leren ervaren als een uitstekende leermethode. De trend geeft aan dat het zelfstandig uitvoeren van het stappenplan van de informatieanalysemethode een opstap biedt bij het leren.

In hoofdstuk 6 bespreek ik aan de hand van een voorbeeld het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven. Het stappenplan wordt getoetst aan de huidige vormen van onderwijsdidactiek en aan de competenties waarover docenten moeten beschikken om goed les te kunnen geven. Tevens wordt voorbeeldgestuurd onderwijs vergeleken met een van de vormen van het nieuwe leren, namelijk probleemgestuurd onderwijs. De overeenkomsten blijken groot te zijn. Het opvallendste verschil tussen beide typen onderwijs ligt in de organisatie van het onderwijs. Voorbeeldgestuurd onderwijs is namelijk klassikaal toepasbaar. Dat biedt de leraar de mogelijkheid de diepgang van de leerdoelen te bewaken en te bevorderen. Voorbeeldgestuurd onderwijs biedt een stappenplan waarmee de leerling *leert* zelfstandig te leren; het is dus ook bij uitstek geschikt voor de jongere onzekere leerling.

In hoofdstuk 7 zijn de resultaten gepresenteerd van (1) de beoordeling van studenten en leerlingen van traditioneel klassikaal lesgeven, (2) de beoordeling van studenten en leerlingen van voorbeeldgestuurd lesgeven, (3) het aantal spontane reacties van meisjes in de natuurkundeles en (4) de ervaring van de docenten bij voorbeeldgestuurd lesgeven.

(1) Meisjes vluchten in het traditionele onderwijs door hun onzekerheid naar een reproductieve leerstijl die gebruikmaakt van uit het hoofd leren van feiten (de onderste laag). Jongens doen dit niet omdat zij, zoals gezegd, zich eerder en meer vasthouden aan de grote lijnen (de middelste laag). Meisjes beoordelen traditioneel onderwijs dan ook lager dan jongens.

- (2) Uit de resultaten blijkt dat studenten en leerlingen voorbeeldgestuurd lesgeven significant hoger beoordelen dan de traditionele manier van klassikaal lesgeven. Deze resultaten zijn gevonden in zowel het HBO als het HAVO.
- (3) Het aantal spontane reacties van meisjes tijdens voorbeeldgestuurd gegeven natuurkundelessen is meer dan verdubbeld ten opzichte van traditioneel gegeven lessen.
- (4) De docenten ervaren voorbeeldgestuurd lesgeven als een natuurlijke manier van het 'van achteren naar voren lesgeven'. Voor docenten vraagt het slechts een geringe, maar wel fundamentele aanpassing om hun lessen voorbeeldgestuurd te geven. De omschakeling kan in ongeveer vijf lessen plaatsvinden. De spontane reacties van de leerlingen vormen als voorbeelden een wezenlijk onderdeel van de les en worden niet ervaren als ordeverstoring. Eén leraar vertelde dat hij meer plezier had gekregen in het lesgeven.

In hoofdstuk 8 staan de conclusies over (1) het aansluiten van voorbeeldgestuurd lesgeven bij de wijze waarop meisjes leren, (2) het egaliseren van het socialisatieverschil, (3) het universeel toepasbaar zijn en (4) het gebruik van het stappenplan.

(1) Uit de resultaten zien we de trend dat voorbeeldgestuurd onderwijs aanzienlijk beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren, dan bij de gangbare manier van lesgeven.

(2) Die trend geldt niet alleen voor meisjes, maar ook voor jongens. De beoordeling van voorbeeldgestuurd lesgeven van meisjes stijgt van de onderste laag (de feiten) naar de bovenste laag (het voorbeeld). De beoordeling van voorbeeldgestuurd lesgeven van jongens stijgt van de middelste laag (de grote lijnen) naar de bovenste laag (het voorbeeld). De beoordeling van meisjes stijgt dus meer dan de beoordeling van jongens. Het is zelfs zoveel meer, dat de lagere beoordeling van meisjes bij traditioneel onderwijs volledig wordt gecompenseerd. Bij voorbeeldgestuurd onderwijs bereiken meisjes en jongens uiteindelijk een vrijwel even hoge beoordeling. Deze resultaten laten de trend zien dat de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs het socialisatieverschil tussen de seksen egaliseert.

Onzekerheid is niet verkeerd. De kracht van voorbeeldgestuurd onderwijs is evenwel dat het tracht de leerling een zo groot mogelijk gevoel van zekerheid te geven, door deze onzekerheid te laten accepteren. Hoewel meisjes mogelijk meer dan jongens toegeven aan hun onzekerheid, zijn ook jongens onzeker. Dus beiden gaan vooruit bij het gebruik van voorbeeldgestuurd lesgeven.

(3) De oorspronkelijke informatieanalysemethode stelt onafhankelijk te zijn van het soort onderwerp dat geanalyseerd wordt, onafhankelijk van de complexiteit van het onderwerp en onafhankelijk van de hoeveelheid informatie. Dit doet verwachten dat de herformulering van een informatieanalysemethode naar voorbeeldgestuurd onderwijs leidt tot een leer- en lesmethode die onafhankelijk is van het onderwerp, het abstractieniveau en van de hoeveelheid informatie. De geobserveerde trend is dan ook dat voorbeeldgestuurd lesgeven niet alleen beter aansluit bij de manier waarop meisjes en jongens natuurkunde leren, maar ook beter aansluit bij de manier waarop meisjes en jongens andere vakken leren.

(4) Voorbeeldgestuurd leren en lesgeven hebben een stappenplan. Derhalve is het mogelijk met behulp van de methode iemand te *leren leren* en te *leren lesgeven*.

Het onderzoek geeft een overduidelijke trend aan dat voorbeeldgestuurd onderwijs een algemene, klassikaal bruikbare didactiek biedt, die zowel aansluit bij de manier waarop meisjes leren als bij die waarop jongens leren. Dit resultaat overstijgt de doelstelling.

Summary

Generally speaking, few girls elect science subjects in their study program. In my opinion, this is not because of the girls themselves, but it is due to the current way of learning as well as that of teaching. The present research indicates the reformulation of an information analysis methodology to be a solid learning and teaching method that links up very well with the way girls learn. The method is based upon the use of examples, and is consequently called *example-based education*.

Chapter 1 introduces my personal experiences, professional as well as private, inasmuch I consider these to be relevant to the research.

In chapter 2 I illustrate example-based education and I conclude this chapter with the problem definition and the research objective which read as follows.

Problem definition:

How to set up technical and science curricula in such a way that girls are no longer discouraged?

Research objective:

To develop a better education method that suits the way in which girls learn physics as compared with the current education methods.

Chapter 3 shows that example-based education is a stepping-stone towards abstract intellectual capacity, particularly for girls. For that purpose, I discuss (1) the new mode of knowledge production, (2) gender difference in school records, and (3) the approach of example-based education.

(1) Our dynamic and changing society shows a shift from the traditional mode to the new mode of knowledge production. Whereas in the former the teacher's theory and teaching practice take a central position, in the latter the students' questions are the starting-point. The new mode of knowledge production assumes informal learning to have great influence by making use of the students' experiences. In addition, the new mode should accommodate multiple intelligences, where social and emotional intelligence are more influential than within the traditional mode. These changes correspond with the way girls learn. Three educational forms take advantage of the new mode: competence-based education, project-based education and problem-based education. These three forms of the new mode are not applied in frontal class teaching. Yet, present-day practice still shows a great deal of frontal class teaching, particularly in secondary education at the junior level, where students have to choose a profile but are reluctant to take the technical one. Personally, I expect this frontal class teaching form to exist for a long time to come. I therefore believe that example-based education is the best available educational method that fully exploits the advantages of the new mode in class education practice.

(2) Gender difference in school records does not originate from a difference in cognitive ability, but from a difference in self-image with respect to the score. Girls have a lower self-image of their own capabilities than boys have. In this regard, not sex difference is the main distinction but the difference in socialisation (gender) is. In the socialisation process the difference in abstract intellectual capacity between girls and boys develops: girls give in more easily to their uncertainty while boys rather stick to the big picture.

(3) Example-based education links up with the student's uncertainty. It assumes that solid transfer of information occurs at three levels: the examples show up at the upper level, the outlines at the middle level and the facts at the lower level. The approach in example-based education relies on induction by (a) extracting the broad outline (middle level) from the example (upper level) in a plausible inductive way and (b) comparing the outlines (middle level) with examples (upper level) in an inductive way. This approach stimulates the abstract intellectual capacity. The examples originate from the student's experience in daily life which she understands. Therefore, the student experiences the maximum possible certainty.

With the support of examples, chapter 4 presents a plan of action for example-based learning. Each step in this plan is compared separately with the literature of learning psychology and didactics. Example-based learning may be used by students with many diverse learning styles, and, if necessary, adjusts to the meaning-oriented and application-oriented learning styles.

The findings based on explorative research in chapter 5 make believe that students evaluate example-based learning as an excellent learning method. The research shows the trend that an independent implementation of the plan of action of the information analysis methodology offers a stepping-stone in the learning process. Such as unravelling the concepts in one's own words and offering certainty to the students.

In chapter 6 I discuss the plan of action for example-based teaching using an example. The plan is compared with the present forms of didactics and with the competencies that appreciated teachers require in their profession. In addition, this chapter compares example-based education with one of the forms of the new mode of knowledge production, that is problem-based education. The many similarities are evident. The most notable difference between both types of education is the organisational aspect. Example-based education is applicable in a class setting. This provides the teacher with the possibility to monitor and to stimulate the level of the learning objectives. Example-based education supplies the student with a plan of action for learning how to learn independently; hence, it very well suits the young, uncertain student.

Chapter 7 presents the findings of (1) the students' evaluation of traditional class teaching, (2) the students' evaluation of example-based teaching, (3) the number of girls' spontaneous reactions during lessons in physics, and (4) the teachers' experience with example-based teaching.

(1) In traditional education girls resort to a reproductive learning style because of their uncertainty. That style implies learning facts by heart (the lower level). Boys

do not do this because they rather stick to the big picture (the middle level). Consequently, girls give traditional teaching a lower rating than boys do.

(2) The findings show that students evaluate example-based teaching significantly higher than traditional class teaching. These findings show up in both higher professional education and secondary education.

(3) The number of girls' spontaneous reactions during example-based physics lessons is more than doubled as compared with physics lessons in a traditional way of teaching.

(4) The teachers experience example-based teaching as a natural way of teaching "backward to forward". To them it requires only a minor, yet fundamental adjustment to present their lessons using the example-based method. The conversion can be accomplished in approximately five lessons. The students' spontaneous reactions as examples constitute an essential element of the lessons and are not experienced as disorders. One teacher testified that his teaching practice provided much more personal enjoyment.

Chapter 8 reveals the findings of (1) how example-based teaching connects with the way girls are learning, (2) the equalisation of the gender difference in socialisation, (3) the universal applicability, and (4) how to utilise the action plan.

(1) The findings make believe that example-based education much better links up with the way girls learn physics than the usual method of teaching.

(2) Those findings are true for both girls and boys. The girls' evaluation of example-based teaching moves upward from the lower level (the facts) to the upper level (the example). The boys' evaluation of example-based teaching moves upward from the middle level (the outlines) to the upper level (the example). Thus, the evaluation of girls moves upward more than that of boys. Even so much more that the girls' lower evaluation of traditional education is fully compensated. In example-based education boys and girls eventually attain approximately an equally high rating. These findings reflect that the approach of example-based education equalises the gender difference as the result of socialisation.

Feeling uncertain is not wrong. However, example-based education is powerful in providing the student a maximum feeling of certainty by helping the student to accept feelings of uncertainty. Although girls possibly admit more to their uncertainty than boys do, boys also feel uncertain. Thus, both make progress while using example-based teaching.

(3) The original information analysis methodology is independent of the type of subject under analysis, the subject's complexity, and of the amount of information. Accordingly, the reformulation of an information analysis methodology towards example-based education may produce a learning and teaching method independent of the subject, the level of abstraction, and of the amount of information. The assumption of a universally applicable method is self-evident. Example-based teaching not only connects better with the way girls learn physics, but also appears to connect better with the way girls learn other subjects as well.

(4) Example-based learning and teaching utilise a plan of action. Therefore this method makes it possible to teach somebody to learn as well as to teach somebody to teach.

Example-based education offers a form of general didactics, applicable in a traditional frontal class setting, which connects with the way girls as well as boys learn. This finding exceeds the research objective.

Curriculum Vitae

Elise Boltjes werd geboren op 1 maart 1953 in Haarlem.

In 1971 behaalde zij haar diploma HBS-B.

In 1978 behaalde ze in Groningen het getuigschrift van de Nieuwe Lerarenopleiding Ubbo Emmius met hoofdvak wiskunde en bijvak natuurkunde. Daarna heeft ze 3½ jaar lesgegeven als leraar wis- en natuurkunde aan het Ubbo Emmius Lyceum te Stadskanaal.

Vanaf 1981 studeerde ze aan de Universiteit Utrecht experimentele natuurkunde. Tijdens haar studie heeft ze onderzoek gedaan bij de vakgroep atoom- en molecuulfysica naar de bepaling van de relatieve werkzame doorsnede van een aantal ion-molecuulreacties als functie van de interne energie van het reactant-ion. Bij de werkgroep hyperthermie (onderdeel van de vakgroep Radiotherapie in het Academisch Ziekenhuis Utrecht) heeft ze onderzoek gedaan naar de invloed van de counter-current flow op de temperatuurverdeling in de tumor bij verwarming door een externe warmtebron als functie van de stroomsnelheid van het bloed in en de afstand tussen de vaten. Het doctoraaldiploma natuurkunde, met bijvakken wiskunde en informatica, behaalde ze in 1988.

Vanaf 1983 was ze docent bij het Academisch Computer Centrum Universiteit Utrecht. Haar werktaak bestond uit het ontwikkelen en geven van cursussen met als hoofdonderwerp het bedrijfssysteem UNIX, de computertalen Fortran, Pascal en C. Van 1987 tot 1990 was ze daarnaast free-lance programmeur en docent informatica.

Vanaf 1990 tot heden is ze hogeschooldocent aan de opleiding Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden (NHL). Met als hoofdonderwerpen informatieanalyse, programmeren en telematica. Dezelfde vakken werden enige jaren gegeven aan de Universiteit Twente vestiging Friesland. Tevens verzorgde ze de zomercursus intensieve natuurkunde voor de aankomende HBO-studenten met een deficiënt vakkenpakket in Friesland.

Als vrijwilliger is ze voorzitter van de Stichting Muziektheek, die aangepaste muziekinstrumenten uitleent en aanpassingen van muziekinstrumenten financiert. Ze is regionaal contactpersoon voor Noord-Nederland van de patiëntenvereniging Stichting Melanoom. Voorts geeft ze rondleidingen voor de Stichting Alde Kultuer Aldtsjerk.

Als muzikant begon ze met cellospelen toen ze startte met het onderzoek. Bij het leren cellospelen ervoer ze profijt van de methode. Thans speelt ze cello bij het Salonorkest Sinnema en het Fries Strijkkwartet.

SIKS Dissertatiereeks

- 1998-1 Johan van den Akker (CWI)
DEGAS - An Active, Temporal Database of Autonomous Objects
- 1998-2 Floris Wiesman (UM)
Information Retrieval by Graphically Browsing Meta-Information DEGAS - An Active, Temporal Database of Autonomous Objects
- 1998-3 Ans Steuten (TUD)
A Contribution to the Linguistic Analysis of Business Conversations within the language/Action Perspective
- 1998-4 Dennis Breuker (UM)
Memory versus Search in Games
- 1998-5 E.W.Oskamp (RUL)
Computerondersteuning bij Straftoemeting
- 1999-1 Mark Sloof (VU)
Physiology of Quality Change Modelling; Automated modelling of Quality Change of Agricultural Products
- 1999-2 Rob Potharst (EUR)
Classification using decision trees and neural nets
- 1999-3 Don Beal (UM)
The Nature of Minimax Search
- 1999-4 Jacques Penders (UM)
The practical Art of Moving Physical Objects
- 1999-5 Aldo de Moor (KUB)
Empowering Communities: A Method for the Legitimate User-Driven Specification of Network Information Systems
- 1999-6 Niek J.E. Wijngaards (VU)
Re-design of compositional systems
- 1999-7 David Spelt (UT)
Verification support for object database design
- 1999-8 Jacques H.J. Lenting (UM)
Informed Gambling: Conception and Analysis of a Multi-Agent Mechanism for Discrete Reallocation.
- 2000-1 Frank Niessink (VU)
Perspectives on Improving Software Maintenance
- 2000-2 Koen Holtman (TUE)
Prototyping of CMS Storage Management
- 2000-3 Carolien M.T. Metselaar (UVA)
Sociaal-organisatorische gevolgen van kennistechnologie; een procesbenadering en actorperspectief.
- 2000-4 Geert de Haan (VU)
ETAG, A Formal Model of Competence Knowledge for User Interface Design
- 2000-5 Ruud van der Pol (UM)
Knowledge-based Query Formulation in Information Retrieval.
- 2000-6 Rogier van Eijk (UU)
Programming Languages for Agent Communication
- 2000-7 Niels Peek (UU)
Decision-theoretic Planning of Clinical Patient Management
- 2000-8 Veerle Coupé (EUR)
Sensitivity Analysis of Decision-Theoretic Networks
- 2000-9 Florian Waas (CWI)
Principles of Probabilistic Query Optimization
- 2000-10 Niels Nes (CWI)
Image Database Management System Design Considerations, Algorithms and Architecture

- 2000-11 Jonas Karlsson (CWI)
Scalable Distributed Data Structures for Database Management
- 2001-1 Silja Renooij (UU)
Qualitative Approaches to Quantifying Probabilistic Networks
- 2001-2 Koen Hindriks (UU)
Agent Programming Languages: Programming with Mental Models
- 2001-3 Maarten van Someren (UvA)
Learning as problem solving
- 2001-4 Evgueni Smirnov (UM)
Conjunctive and Disjunctive Version Spaces with Instance-Based Boundary Set
- 2001-5 Jacco van Ossenbruggen (VU)
Processing Structured Hypermedia: A Matter of Style
- 2001-6 Martijn van Welie (VU)
Task-based User Interface Design
- 2001-7 Bastiaan Schonhage (VU)
Diva: Architectural Perspectives on Information Visualization
- 2001-8 Pascal van Eck (VU)
A Compositional Semantic Structure for Multi-Agent Systems Dynamics.
- 2001-9 Pieter Jan 't Hoen (RUL)
Towards Distributed Development of Large Object-Oriented Models, Views of Packages as Classes
- 2001-10 Maarten Sierhuis (UvA)
Modeling and Simulating Work Practice BRAHMS: a multiagent modeling and simulation language for work practice analysis and design
- 2001-11 Tom M. van Engers (VUA)
Knowledge Management: The Role of Mental Models in Business Systems Design
- 2002-01 Nico Lassing (VU)
Architecture-Level Modifiability Analysis
- 2002-02 Roelof van Zwol (UT)
Modelling and searching web-based document collections
- 2002-03 Henk Ernst Blok (UT)
Database Optimization Aspects for Information Retrieval
- 2002-04 Juan Roberto Castelo Valdueza (UU)
The Discrete Acyclic Digraph Markov Model in Data Mining
- 2002-05 Radu Serban (VU)
The Private Cyberspace Modeling Electronic Environments inhabited by Privacy-concerned Agents
- 2002-06 Laurens Mommers (UL)
Applied legal epistemology; Building a knowledge-based ontology of the legal domain
- 2002-07 Peter Boncz (CWI)
Monet: A Next-Generation DBMS Kernel For Query-Intensive Applications
- 2002-08 Jaap Gordijn (VU)
Value Based Requirements Engineering: Exploring Innovative E-Commerce Ideas
- 2002-09 Willem-Jan van den Heuvel(KUB)
Integrating Modern Business Applications with Objectified Legacy Systems
- 2002-10 Brian Sheppard (UM)
Towards Perfect Play of Scrabble
- 2002-11 Wouter C.A. Wijngaards (VU)
Agent Based Modelling of Dynamics: Biological and Organisational Application
- 2002-12 Albrecht Schmidt (Uva)
Processing XML in Database System
- 2002-13 Hongjing Wu (TUE)
A Reference Architecture for Adaptive Hypermedia Applications
- 2002-14 Wieke de Vries (UU)
Agent Interaction: Abstract Approaches to Modelling, Programming and Verifying Multi-Agent Systems
- 2002-15 Rik Eshuis (UT)
Semantics and Verification of UML Activity Diagrams for Workflow Modelling
- 2002-16 Pieter van Langen (VU)
The Anatomy of Design: Foundations, Models and Applications

- 2002-17 Stefan Manegold (UVA)
Understanding, Modeling, and Improving Main-Memory Database Performance
- 2003-01 Heiner Stuckenschmidt (VU)
Ontology-Based Information Sharing in Weakly Structured Environments
- 2003-02 Jan Broersen (VU)
Modal Action Logics for Reasoning About Reactive Systems
- 2003-03 Martijn Schuermie (TUD)
Human-Computer Interaction and Presence in Virtual Reality Exposure Therapy
- 2003-04 Milan Petkovic (UT)
Content-Based Video Retrieval Supported by Database Technology
- 2003-05 Jos Lehmann (UVA)
Causation in Artificial Intelligence and Law - A modelling approach
- 2003-06 Boris van Schooten (UT)
Development and specification of virtual environments
- 2003-07 Machiel Jansen (UvA)
Formal Explorations of Knowledge Intensive Tasks
- 2003-08 Yongping Ran (UM)
Repair Based Scheduling
- 2003-09 Rens Kortmann (UM)
The resolution of visually guided behaviour
- 2003-10 Andreas Lincke (UvT)
Electronic Business Negotiation: Some experimental studies on the interaction between medium, innovation context and culture
- 2003-11 Simon Keizer (UT)
Reasoning under Uncertainty in Natural Language Dialogue using Bayesian Networks
- 2003-12 Roeland Ordelman (UT)
Dutch speech recognition in multimedia information retrieval
- 2003-13 Jeroen Donkers (UM)
Nosce Hostem - Searching with Opponent Models
- 2003-14 Stijn Hoppenbrouwers (KUN)
Freezing Language: Conceptualisation Processes across ICT-Supported Organisations
- 2003-15 Mathijs de Weerd (TUD)
Plan Merging in Multi-Agent Systems
- 2003-16 Menzo Windhouwer (CWI)
Feature Grammar Systems - Incremental Maintenance of Indexes to Digital Media Warehouses
- 2003-17 David Jansen (UT)
Extensions of Statecharts with Probability, Time, and Stochastic Timing
- 2003-18 Levente Kocsis (UM)
Learning Search Decisions
- 2004-01 Virginia Dignum (UU)
A Model for Organizational Interaction: Based on Agents, Founded in Logic
- 2004-02 Lai Xu (UvT)
Monitoring Multi-party Contracts for E-business
- 2004-03 Perry Groot (VU)
A Theoretical and Empirical Analysis of Approximation in Symbolic Problem Solving
- 2004-04 Chris van Aart (UVA)
Organizational Principles for Multi-Agent Architectures
- 2005-05 Viara Popova (EUR)
Knowledge discovery and monotonicity
- 2004-06 Bart-Jan Hommes (TUD)
The Evaluation of Business Process Modeling Techniques



draad. Jongens noemden daarbij nog voorbeelden buiten de natuurkunde. Enkele voorbeelden zijn: (1) als je langzamer loopt is de luchtweerstand lager, (2) de weerstand bij het fietsen verschilt bij zacht of hard opgepompte banden, (3) je hebt minder weerstand van een uitgeputte tegenstander bij het sporten, of dat (4) je gemakkelijker ziek kunt worden als je weerstand lager is. Allemaal voorbeelden die meisjes ook best kenden, maar die niet door hen werden genoemd. Het lijkt wel of meisjes geen voorbeelden durfden te noemen waarvan ze niet zeker waren omdat ze niet in het natuurkundeboek stonden. Meisjes moeten dus expliciet en nadrukkelijk worden aangemoedigd om overeenkomsten en verschillen te zoeken met voorbeelden buiten de natuurkunde. Pas dan krijgen meisjes vertrouwen om hun ervaring uit een ander kennisveld over te brengen naar een nieuw te leren onderwerp in de natuurkunde.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: bij de gegeven antwoorden komt extreem naar voren dat meisjes, hoewel ze in de vraagstelling daartoe expliciet werden aangemoedigd, de gegeven voorbeelden alleen binnen de natuurkunde zochten en niet daarbuiten.

5.3 Uitvoeren stappenplan opstap oplossen intelligentietest: een toets

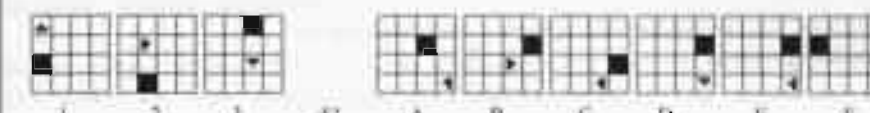
Hieronder wil ik de volgende stelling aannemelijk maken: "Het uitvoeren van het stappenplan biedt een opstap naar het oplossen van een intelligentietest." Ik wil dit aantonen met de resultaten van het oplossen van een intelligentietest zoals die in hoofdstuk 4 besproken is. De intelligentietest werd opgelost door 88 eerstejaars studenten Hogere Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden tijdens een toets. De toets werd afgenomen nadat ze vijf weken lang twee uur per week het vak Informatieanalyse hadden gevolgd om de methode te leren. Na deze vijf weken konden ze het stappenplan van de methode toepassen tot en met stap 6: het maken van het diagram met de informatiegrammatica. Het aangeven van de beperkingsregels als *totaliteit* en *uniciteit* en het houden van een verduidelijkingsdialoog, die volgen op stap 6, beheersten ze na deze vijf weken nog niet.

De studenten waren vooraf ingelicht dat de toets zou bestaan uit toetsvragen en onderzoeksvragen. Ze wisten ook dat alleen de antwoorden van de toetsvragen meetelden voor de beoordeling van de toets. De toetsvragen zijn voor iedere toets hetzelfde, namelijk het achter elkaar uitvoeren van de stappen van de informatie-analysemethode. De toetsvragen zijn weergegeven in figuur 5.6.

In 5.3.1 werk ik mogelijke oplossingen van de toets uit. Daarna bespreek ik in 5.3.2 de oplossingsstrategieën die de studenten gebruikten. Vervolgens toon ik in 5.3.3 de oplossingsstrategie van de studenten die hun antwoord tijdens de toets veranderden van een fout antwoord naar het goede antwoord. Tenslotte geef ik in 5.3.4 een aantal opmerkingen van de studenten weer.

CASE "Analyse maakt intelligent"

Gegiven: de figuren 1 tot 3.
Slechts één van de figuren A tot F past als figuur 4.



Toetsvragen om de grote lijnen van de oplossing te vinden:

- Wat is het Universum of Discourse dat je beschouwt?
- Verwoord de gegevens van figuren 1 tot 3.
- Geef van de verwoording alle elementaire zinnen de kleinste mogelijke zinnen zonder informatieverlies.
- Geef van de elementaire zinnen de bijbehorende structuur.
- Geef van de structuur het bijhorende diagram, plaats bij ieder FeitType minimum 2 voorbeelden.

Figuur 5.6: de vragen van de toets "Analyse maakt intelligent"

5.3.1 Gegeven antwoorden

De toets werd gemaakt door 88 studenten. Aan het begin van de toets, voordat ze aan de analyse begonnen, gaven 71 studenten als oplossing figuur E. Dit was het goede antwoord.

De studenten was gevraagd bij een eventuele verandering het nieuwe antwoord aan te geven op het tentamenpapier op de plaats waar ze tot de verandering besloten.

Het antwoord aan het begin van de toets was bij 9 studenten een doorgestreepte D die was vervangen door een E. De verandering van antwoord D naar E was nergens in de toets aangegeven. Of deze studenten de verbetering direct aan het begin van de toets hebben aangebracht, of toch later zonder dat ze dat hebben aangegeven, zal nooit te achterhalen zijn.

Van de 88 studenten hebben 6 studenten hun antwoord tijdens het maken van de toets gewijzigd. Deze groep zal uitvoeriger besproken worden.

Slechts 2 studenten hadden aan het begin en aan het eind van de toets een foutief antwoord. De ene student koos voor afbeelding B en de ander eerst voor D en heeft dit tijdens het maken van de toets verbeterd in antwoord F.

De aantallen studenten zijn weergegeven in figuur 5.7.

| kleinst antwoord | aantal (totaal 88) |
|------------------------|-----------------------|
| I | 71 |
| I met doorgestreepte D | 9 |
| I na wijziging | 6 |
| fout | 2 |

Figuur 5.7: de antwoorden van de studenten voor de oplossing van de intelligentietest.

5.3.2 Gebruikte oplossingsstrategieën

Bij het opstellen van het tentamen verwacht je als docent dat de oplossingsstrategie van de studenten zal lijken op de oplossingsstrategie die je zelf hanteert. Ik verwachtte een indeling in kolommen en rijen die apart genummerd zouden worden. Verder hoopte ik erop dat studenten snel zouden inzien dat de beide tekens ■ en x in alle figuren in dezelfde kolom stonden. Na afloop van het tentamen besprak ik tijdens de koffie met een aantal collega's de toets. Daarbij bleek dat vrijwel iedere collega een andere oplossingsstrategie had. Ze losten niet alleen de test op met behulp van kolom- en rijnummers, maar ook met draaiing of spiegeling van de figuren. Anderen construeerden een oplossing door de tekens in een kolom omhoog te laten lopen en aan de onderkant weer te laten verschijnen. Iedere collega gebruikte zijn eigen variant om tot een goede oplossing te komen. Bij het nakijken van de toets bleek dat de studenten ook op velerlei wijzen de oplossing hadden gevonden. Hun strategieën zijn onder te verdelen in drie hoofdcategorieën.

In *oplossingscategorie I* duidden de studenten de vakjes van de vier rijen en vier kolommen aan met de unieke nummers 1 t/m 16. Een voorbeeld van de elementaire zin (kleinst mogelijke zin zonder informatieverlies, stap 4) is:

| | | |
|-----------|--------------------------|----|
| In figuur | 1 staat teken ■ in hokje | 5. |
| | 2 | 2 |
| | 3 | 15 |

Met behulp van deze nummering is het moeilijk om de regelmaat aan te geven dat in ieder figuur het teken ■ in een andere kolom staat. Dat in figuur 4 het teken ■ in hokje 12 moet staan, ligt niet voor de hand. Voor deze categorie is het moeilijk de regelmaat te verwoorden om tot de goede oplossing te komen.

In *oplossingscategorie II* gaven de studenten de vakjes coördinaten van de kolom en rij samen, zoals hokje A1, A2, B1, enzovoort. Een voorbeeld van een elementaire zin is:

| | | |
|-----------|--------------------------|-----|
| In figuur | 1 staat teken ■ in hokje | A2. |
| | 2 | B1 |
| | 3 | C4 |

Ook in deze categorie is het moeilijk aan te geven dat in ieder figuur in iedere kolom slechts éénmaal het teken ■ mag voorkomen. Aan deze eis is veel gemakkelijker tegemoet te komen indien de begripsaanduiding, hokje A1, was opgedeeld in twee afzonderlijke kleinst mogelijke zinnen met eigenschappen van een hokje, namelijk kolom A en rij 1. Dat je een kleinst mogelijke zin kunt opdelen in nog kleinere zinnen is natuurlijk in tegenspraak met het feit dat je in eerste instantie de kleinst mogelijke zin had geformuleerd. Dit geeft aan dat het opdelen in kleinst mogelijke zinnen een belangrijke stap is in de methode om tot de goede oplossing te komen.

In *oplossingscategorie III* kozen de studenten voor een oplossing waarbij de kolommen en rijen afzonderlijk een nummer kregen. Een voorbeeld van elementaire zinnen is:

| | | |
|-----------|--------------------------|----|
| In figuur | 1 staat teken ■ in kolom | 1. |
| | 2 | 2 |

Samen met een tweede elementaire zin:

| | | |
|-----------|------------------------|----|
| In figuur | 1 staat teken ■ in rij | 2. |
| | 2 | 1 |

Categorie III heeft voor een oplossing gekozen met de kleinst mogelijke zinnen. Dit leidt gemakkelijk tot de goede oplossing, hetgeen ook blijkt uit de resultaten van de toets waarbij categorie III gemiddeld het hoogste resultaat had. De studenten die kozen voor oplossingsstrategie I behaalden gemiddeld een toetscore van 5.7, categorie II gemiddeld een 5.8 en categorie III gemiddeld een 7.1.

5.3.3 Wijzigingen in de oplossingsstrategieën

Alle studenten die een fout antwoord gaven of tijdens de toets van antwoord veranderden, hadden voor oplossingsstrategie II gekozen. Categorie II hield in dat ze als oplossingsstrategie de hokjes met coördinaten hadden benoemd, A1, B2, enzovoort. Als uitgangspunt namen ze dus een niet elementaire benoeming van de hokjes waarbij de kolommen en de rijen waren gescheiden. We kunnen deze groep studenten die kozen voor oplossingsstrategie II opdelen in twee subcategorieën II2 en II3; de subcategorieën verschillen in benoemde zinnen.

In subcategorie II2 werden 2 zinnen gebruikt. De eerste zin gaf aan in welk hokje het teken ■ stond. In de tweede zin werd van het teken ⊥ aangegeven in welk hokje het stond en tevens welke oriëntatie het had. Een voorbeeld van de zinnen is:

In figuur 1 staat teken ■ in hokje A2.

Samen met de zin:

In figuur 1 staat teken ⊥ in hokje A4 en heeft oriëntatie N.

Deze laatste zin kan echter worden gesplitst in twee zinnen. Deze zin is dus geen kleinst mogelijke zin zonder informatieverlies en dientengevolge niet elementair. Categorie II2 heeft dus twee keer de informatie niet in elementaire zinnen gesplitst. Namelijk de eerste keer bij de aanduiding van het begrip hokje met bijvoorbeeld de coördinaat A1 en de tweede keer bij de gebruikte zinnen zelf.

5.4.1 De gegeven werkwoordsvormen uit het boek

Tijdens de opleiding van de studenten wordt voor het vak Communicatieve Vaardigheden het boek 'Leren communiceren' (Steehouder, 1999) gebruikt. In dit boek staan de regels om werkwoorden te vervoegen. Bij de toets, die twee uur duurde, kregen de studenten een aangepaste versie van de regels om de werkwoordsvormen te kunnen analyseren. Als voorbeeld volgen hier de gegevens die de studenten voor de analyse kregen over de stam, de tegenwoordige tijd en het voltooid deelwoord. De gegevens over de verleden tijd van sterke en zwakke werkwoorden en het gebruik van het voltooid deelwoord als bijvoeglijk naamwoord, werden bij de toets op een zelfde wijze gegeven.

• de stam

De stam van een werkwoord is het hele werkwoord zonder -en. Zonodig wordt de stam aangepast met dubbele klinkers in het midden. Soms wordt de stam *verhard*. Een verharde stam is de gewone stam, behalve als de laatste letter van de stam een z is of een v, dan verandert deze in respectievelijk een s of f. Voorbeelden:

| werkwoord | stam | verharde stam |
|-----------|---------|---------------|
| worden | word | " |
| lopen | loop | " |
| hakken | hak | " |
| missen | mis | " |
| verhuizen | verhuiz | verhuis |
| verven | verv | verf |

• de tegenwoordige tijd

De tegenwoordige tijd gebruikt bij het enkelvoud de verharde stam van het werkwoord. Bij de ik-vorm wordt er niets achter geplaatst, bij jij/hij/zij een -t en bij de meervouden wij/jullie/zij -en.

| werkwoord | persoonsvorm | tegenwoordige tijd |
|-----------|--------------|--------------------|
| worden | ik | word /- |
| worden | hij | word /t |
| worden | wij | word /en |
| verhuizen | ik | verhuis /- |
| verhuizen | hij | verhuis /t |
| verhuizen | wij | verhuis /en |

• het voltooid deelwoord

Bij sterke werkwoorden is het voltooid deelwoord gegeven. Bij zwakke werkwoorden is het voltooid deelwoord de verharde stam, daaraan wordt een -t of -d toegevoegd; er komt achter de verharde stam een -t als de laatste letter van de gewone (!) stam een t, k, f, s, ch of p is. Dat zijn de medeklinkers van het woord 't kofschip'. In alle andere gevallen wordt een -d toegevoegd.

| werkwoord | voltooid deelwoord |
|-----------|--------------------|
| lopen | gelopen |
| verhuizen | verhuist |
| missen | gemist |
| wachten | gewacht |
| landen | geland |
| dwalen | gedwaald |

5.4.2 De analyse van het vervoegen van werkwoordsvormen

De analyse werd door de studenten uitgevoerd tijdens een toets. Dit had als voordeel dat je er zeker van kon zijn dat alle studenten de analyse op een geconcentreerde wijze uitvoerden. Het nadeel van het laten uitvoeren van de analyse tijdens een toets was het geringe tijdbestek van twee uur. Ik heb ervoor gekozen al een deel van de structuur en het diagram bij de toets te geven, om ervoor te zorgen dat de studenten niet in tijdnood zouden komen. De studenten moesten tijdens de toets deze structuur uitbreiden door de analyse uit te voeren van de vervoegingen waarbij altijd de meeste spelfouten worden gemaakt. Namelijk de verleden tijd van zwakke werkwoorden, het voltooid deelwoord en het gebruik van het voltooid deelwoord als bijvoeglijk naamwoord. Een deel van de structuur was tijdens de toets gegeven alsmede het bijbehorende diagram (figuur 5.8).

• Het gegeven deel van de informatiegrammatica met bijbehorend diagram

Begrippen: <WerkWoord> de infinitief.

<Stam> WerkWoordZonder-en.

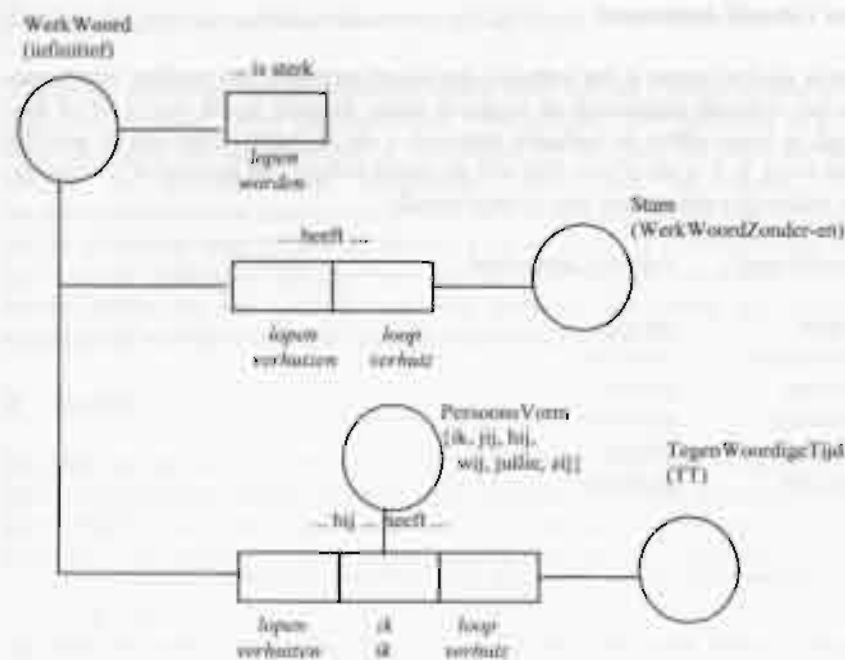
<PersoonsVorm> ik, jij, hij, wij, jullie en zij.

<TegenwoordigeTijd>.

Grote lijnen: <WerkWoord> is sterk

<WerkWoord> heeft <Stam>.

<WerkWoord> bij <PersoonsVorm> heeft <TegenwoordigeTijd>.



Figuur 5.8: gegeven diagram bij de toets over het vervoegen van werkwoordsvormen.

De eerste vraag luidde bij iedere gegeven grote lijn in het diagram minstens twee relevante voorbeelden te plaatsen (onderdeel van stap 6). Dit was gedaan om de studenten te stimuleren aan het begin van de toets de structuur goed te bekijken. Bij de eerste zin 'is sterk' moest er gekozen worden tussen zwakke en sterke werkwoorden. Hopelijk zou de student zich afvragen wat het verschil ertussen was. Als voorbeeld van deze grote lijn zou de student kunnen kiezen voor het 'werkwoord lopen is sterk', waarna lopen als voorbeeld moest worden ingevuld. Deze invulling is cursief in figuur 5.8 weergegeven. Als voorbeeld van de zin '<WerkWoord> heeft <Stam>' zou de student de voorbeelden uit de gegevens kunnen halen: 'werkwoord lopen heeft stam loop' of 'werkwoord verhuizen heeft stam verhuist'. Bij de grote lijn '<WerkWoord> met <PersoonsVorm> heeft <TegenwoordigeTijd>' kan een voorbeeld zijn 'verhuizen heeft bij persoonvorm ik de Tegenwoordige Tijd verhuist'.

De bedoeling van deze eerste vraag was dat door het plaatsen van de voorbeelden zou opvallen dat bijvoorbeeld: de stam van verhuizen *verhuist* is, maar eindigt op een andere letter dan de ik-vorm van de tegenwoordige tijd *verhuist*. Bij het vormen van het voltooid deelwoord en de verleden tijd is het inzicht van dit verschil essentieel bij het goed kunnen vervoegen van werkwoorden. Hopelijk merkt de student dit op bij het plaatsen van de voorbeelden bij de grote lijnen in het diagram. Daarvoor is het nodig dat iedere student de analyse zelfstandig en geconcentreerd uitvoert.

5.4.3 Het dictee nader bekeken

De week vóór de toets waarbij de studenten de analyse moesten uitvoeren, werd een dictee gegeven. Het dictee bevatte allerlei varianten van het vervoegen van werkwoorden in de interessesfeer van de studenten informatica. Het dictee luidde: "Hij verwachtte dat de gebrande cd-rom langzamerhand klaar was. De verkoper, die hij over de gebruikte interface had gepolst, verrichtte telefonisch uitgebreide hulp. Hij vond het eerst zo'n gek verdraaid verhaal, 'dit wordt zo niet bedoeld', vond hij. Maar uiteindelijk losten de problemen zich wel op. Door de telefoon werd de verkoper luid toegesneden en de belofte gedaan dat er vaker werd gestofzuigd. De stofpluizen vergrootten het probleem alleen maar. Hij houdt nu beter in de gaten wat er gebeurt. De cdrom-brander is inmiddels sterk verbeterd, hij had genoeg geruist."

Het dictee werd in de laatste tien minuten van het college afgenomen op tentamenpapier en direct na afloop door de docent verzameld. Een bespreking werd door de studenten volstrekt niet interessant gevonden, daar ze na het dictee terstond de collegezaal verlieten om andere dingen te gaan doen.

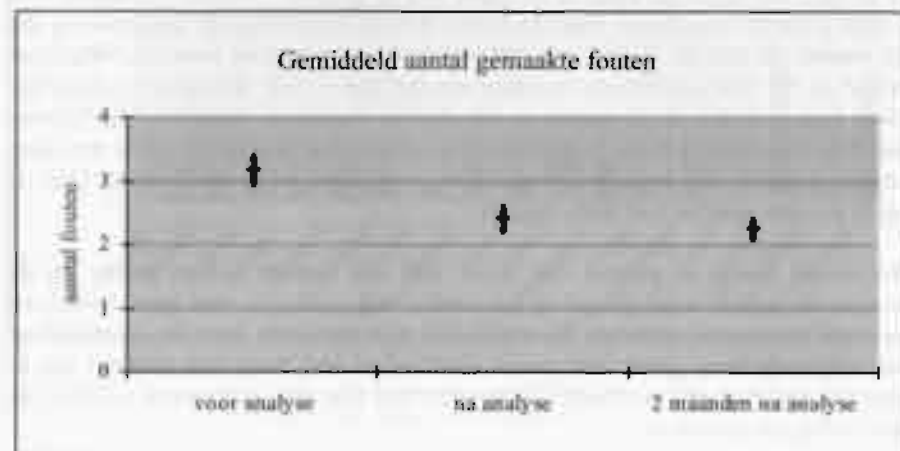
De week nadat het dictee was afgenomen werd de toets gemaakt waarbij de analyse moest worden uitgevoerd.

De week daaropvolgend werden de gemaakte tentamens uitgereikt en besproken. De laatste tien minuten van dat college werd, zonder dat de studenten dat van tevoren wisten, weer het dictee gegeven. Hetzelfde dictee, daar je van een ander dictee ogenblikkelijk de gelijkwaardigheid in twijfel zou kunnen trekken. Ook de tweede keer werd het dictee na afname niet besproken, omdat het pauze was en de studenten de collegezaal verlieten.

Twee maanden na de analyse, aan het eind van de collegeperiode van vijf weken waarin de kerstvakantie viel, werd nogmaals hetzelfde dictee gegeven. Weer geheel onverwacht voor de studenten. Na inname van het derde gemaakte dictee werden het dictee en het resultaat van de vorige twee keer besproken.

Ieder dictee werd gemaakt door 50 à 60 studenten. Bij het nakijken werd alleen gelet op fouten in de werkwoordsvormen waarop de analyse betrekking had. Het percentage studenten dat een bepaalde fout maakte is voor de drie dictées in figuur 5.9 weergegeven.

de analyse meer relevante voorbeelden zullen tegenkomen dan tijdens de toets en (3) ze meer tijd hebben om de analyse uit te voeren.



Figuur 5.10: Het gemiddeld aantal fouten in het dictee voor de analyse, vlak na de analyse en twee maanden na de analyse.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: een geconcentreerde zelfstandige analyse van het vervoegen van werkwoordsvormen blijkt een significant beter leerresultaat op te leveren. Dit resultaat is afgeleid uit het gemiddeld lagere aantal fouten dat gemaakt werd in een dictee dat drie keer afgenomen is. Zelfs maanden later blijkt het goede resultaat van het toepassen van de informatieanalysemethode als leermethode nog duidelijk vruchten af te werpen.

6 Voorbeeldgestuurd lesgeven in theorie

In de vorige hoofdstukken kwam aan de orde hoe in theorie en praktijk een informatieanalysemethode gebruikt kan worden als leermethode. In dit hoofdstuk ga ik in op de theorie van het gebruik van een informatieanalysemethode als leermethode. Volgens de informatieanalysemethode wordt les gegeven vanuit voorbeelden, daarom is deze *voorbeeldgestuurd lesgeven* genoemd.

In 6.1 beschrijf ik de ordeproblemen die ik had als beginnend docent. Een leermethode die het ordeprobleem vermindert, zou een zegen zijn: voorbeeldgestuurd onderwijs is zo'n methode. Ik laat in 6.2 zien hoe de methode als leermethode werkt door het beschrijven van een natuurkundeloes over de wet van Ohm. Het stappenplan van de leer- en leermethode (zie hoofdstuk 4) is niet helemaal hetzelfde, de leermethode heeft één stap meer. Dit verschil bespreek ik. De leermethode integreert kenmerken van het nieuwe leren bij klassikaal onderwijs. Bij klassikaal onderwijs is het bekwaam pedagogisch en didactisch handelen van de leraar van cruciale betekenis. In 6.3 bespreek ik welke de aanbevelingen van de overheid zijn die de bekwaamheid van een leraar zouden moeten garanderen. Daarna geef ik in 6.4 aan, in hoeverre deze aanbevelingen in de praktijk gerealiseerd worden. Tevens beschrijf ik het ideaalbeeld van een leraar dat uit onderzoek naar voren komt: hoe het handelen van een leraar zou moeten zijn. In 6.5 betoog ik dat voorbeeldgestuurd lesgeven de leraar een opstap biedt dit ideaalbeeld te bereiken. Andere vormen van onderwijs die kenmerken van het nieuwe leren bevatten, zijn projectonderwijs, probleemgestuurd onderwijs en competentiegericht onderwijs. Deze vormen van onderwijs, die geen centrale rol van een docent kennen, wil ik vergelijken met het frontaal klassikaal bruikbare voorbeeldgestuurd lesgeven. Ik doe dit aan de hand van probleemgestuurd onderwijs, omdat dat ook een stappenplan heeft, de *7-sprong* genaamd. In 6.6 geef ik een overzicht van probleemgestuurd onderwijs. Daarna vergelijk ik in 6.7 de *sprongen* van probleemgestuurd onderwijs met de *stappen* van voorbeeldgestuurd onderwijs. Er blijken tal van overeenkomsten (6.7) en ook enkele verschillen (6.8) te zijn.

6.1 Eigen ervaringen met lesgeven

Als inleiding van dit hoofdstuk geef ik een citaat uit Boltjes (1996) dat mijn eigen ervaring als beginnend leraar beschrijft:

"Toen ik net was afgestudeerd van de lerarenopleiding, verwachtte iedereen dat onderwijs geven mij wel zou lukken. Ik ook, zeker met het devies van onze familie 'Boltjes, onderwijs sinds 1880'. Sinds 1880 zat onze familie onafgebroken in het onderwijs, dus ik was gewoon erfelijk belast. Ik kreeg een baan als leraar op een lyceum. In april begon ik dat jaar als vijfde wiskundeleraar voor de klas. Maar

dat viel tegen! Twee van de collega's voor me waren overspannen vertrokken. Een aantal klassen was dan ook niet in de hand te houden, de leerlingen waren me gewoon de baas. Een collega raadde me aan om boos terug te gaan naar de lerarenopleiding. Want tijdens de opleiding ging het hospiteren goed en ik had vele videobanden gezien van goede lessen. Alles zag er veel belovend voor me uit, maar nee hoor, een puinhoop was het in sommige klassen. Ik stelde mijn oud-docenten op de lerarenopleiding voor om van zo'n les die bij mij mislukte een video-opname te komen maken. Als ze daarmee hun didactiekonderwijs verzorgden, dan wisten de studenten na mij tenminste wat ze echt konden verwachten: geen ideale lessen zoals ze ons altijd voorschotelden. Zo gezegd, zo gedaan. Ze kwamen bij mijn moeilijkste klassen een video-opname maken. Met de klas had ik afgesproken 'gewoon' te doen, dus buitengewoon vervelend. Ik stond dan ook gillend op de videoband. Ik zag de opname als 'mijn testament als leraar', want ik voelde me als leraar mislukt. Ik verwachtte dan ook dat ik na mijn proeftijd op school niet mocht terugkomen. Tot mijn verbazing mocht ik echter van de rector na de vakantie toch blijven. Na de vakantie ging het opeens een stuk beter. Op de huwelijksreceptie van een studiegenoot vertelde een docent van de lerarenopleiding die ik goed vond lesgeven, dat ook hij die startproblemen had gehad. Dus geen orde kunnen houden, was niemand vreemd, zo bleek. Het lukte daarna om de één of andere reden steeds beter: nog geen jaar later vertelde een collega 'dat ik toch echt een leraar was die orde had'. Dan kun je, met orde, meer aandacht besteden aan de inhoud van je vak en dat leek me broodnodig. We waren gewaarschuwd op de lerarenopleiding dat we modern waren opgeleid en niet één, twee, drie het oude systeem op een school moesten willen vernieuwen. Ik vond helemaal niet dat we modern waren opgeleid, want als echte Montessoriaan (van een lagere school waar individueel wordt gewerkt) had ik naar mijn gevoel een veel modernere basis. Maar goed, ik was gewaarschuwd en wilde dus niet te snel dingen veranderen. Vooral het natuurkundeonderwijs ondervond ik op school nog als behoorlijk ouderwets. Het leek meer een opleiding voor de universiteit dan een vak dat leerlingen het gevoel gaf dat ze er in de praktijk iets aan hadden. Ik had op die school drie mannelijke collega's die ook natuurkunde gaven. Ze vonden het leuk dat ik zo enthousiast was. Ik kon echter niet mijn ideeën om het onderwijs te veranderen doorvoeren, omdat ik als tweedegraads leraar van een lerarenopleiding geen eindexamenklassen mocht geven. "Zorg jij maar gezellig en enthousiast voor de onderbouw," zo ervoer ik hun houding. Grrr, mijn enthousiasme van binnenuit werd onderdrukt. Daar kon ik slecht tegen. De collega's waren vriendelijk en aardig tegen me en één liet zelfs duidelijk blijken dat hij jaloers op mijn enthousiasme was. Ondanks deze collegialiteit kon ik toch slecht leven met mijn basale gevoel dat natuurkunde de leerlingen veel beter kon aanspreken dan rekenen met formules die ze niet begrepen, zoals ik de huidige manier van lesgeven ervoer. Toen ze me in het dorp waar ik toen woonde, vroegen of ik lijsttrekker wilde worden voor de gemeenteraad heb ik eens goed nagedacht. Als ik dat deed nestelde ik me hier in deze streek en ging ik hier dood. Wilde ik dat? Nee, nee en nog eens nee. Hier lag niet mijn eindstation. Wat wilde ik wel? Lesgeven aan de eindexamenklassen natuurkunde. Dan zou ik dus een eerstegraadsbevoegdheid moeten halen en dat kon alleen met een doctoraai studie natuurkunde. Maar durfde ik dat wel? Tijdens die zomer ging ik mee met een hele groep natuurkundeleraren naar Schotland om te kijken hoe daar natuurkundeonderwijs werd gegeven. Toen ik op een avond met al die kerels in

Edinburgh in de kroeg zat en ik ze eens goed bekeek, bedacht ik dat wat zij konden ik ook kon: zowel natuurkunde lesgeven als in ieder geval bierdrinken. Dus ik moest net als zij een eerstegraadsopleiding halen, hoewel ik toch sterk betwijfelde of ik daar nu een betere leraar door zou worden. Een jaar deed ik erover om mijn plannen uit te werken. De keuze viel op de universiteit waar ik de didactiek van de natuurkunde van hoog niveau achtte. Ik heb mijn vaste baan opgezegd en ben natuurkunde gaan studeren. Sommigen hadden er moeite mee om deze stap te begrijpen 'Wie zegt er nu zijn vaste baan op?' Ik dus, om mijn idealen na te streven. Gelukkig had ik die."

De genoemde video, die laat zien hoe een lesgeefsituatie is zonder orde, werd een bestseller bij lerarenopleidingen wiskunde. Tot dan toe werden bij het didactiekonderwijs videobanden getoond van lessen die uitstekend verliepen. Deze videoband laat zien hoe in de praktijk een les verloopt als er geen orde is. De videoband werd niet alleen bij de lerarenopleidingen vertoond, maar ook bij contactdagen van de docenten waar de leraren-in-opleiding leservaring opdoen. Bij zo'n contactdag van docenten waar deze video werd getoond, was ik als lijdend voorwerp uitgenodigd om vragen van de docenten te beantwoorden. Het was ontroerend te ondervinden hoe bevrijdend het voor de ervaren docenten was om open en eerlijk over het grootste probleem in het onderwijs te praten: orde in de klas. Dat dit zo moeilijk bespreekbaar is, komt waarschijnlijk doordat orde in de klas hoofdzakelijk wordt toegeschreven aan persoonlijke eigenschappen van de leraar. Een lesmethode waarbij de orde in de klas gemakkelijker te handhaven is, zou een zegen zijn voor de leraren en dus voor goed onderwijs. Zeker als het een lesmethode is die leraren geleerd kan worden en kwaliteit waarborgt.

Voorbeeldgestuurd lesgeven is zo een methode. Deze kan geleerd worden aan de hand van een stappenplan.

6.2 Een voorbeeld van lesgeven volgens informatieanalyse

Aan de hand van een voorbeeld toon ik de werking van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven. Het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven bestaat uit zeven stappen die ik ieder in een aparte subparagraaf ga bespreken:

- 6.2.1 Stap 1: baken het gebied waarnaar je kijkt af,
- 6.2.3 Stap 2: geef voorbeelden,
- 6.2.3 Stap 3: koppel de voorbeelden aan de grote lijnen,
- 6.2.4 Stap 4: geef de grote lijnen met de begrippen weer,
- 6.2.5 Stap 5: geef minstens twee relevante voorbeelden,
- 6.2.6 Stap 6: zoek overeenkomsten en verschillen,
- 6.2.7 Stap 7: plaats de grote lijnen in de ervaringswereld.

De lesmethode bestaat uit zeven stappen in tegenstelling tot de leermethode die uit acht stappen bestaat. In 6.2.8 bespreek ik het verschil tussen de stappenplannen van de leermethode en de lesmethode.

Als voorbeeld van de werking van de informatieanalysemethode in de les neem ik de uitleg van de wet van Ohm. Deze wet wordt doorgaans op een traditioneel college natuurkunde behandeld met het tekenen van een stroomkring, een spanningsbron en een weerstand. Soms, als je geluk hebt, begint de docent met een echt voorbeeld, namelijk met een lampje en een batterij. Vervolgens gaat de docent de spanning over het lampje veranderen en meten wat er gebeurt. Dan blijkt de stroom door het lampje ook te veranderen. Als de docent de spanning tegen de stroom uitzet in een grafiek, krijg je een rechte lijn. De spanning en de stroom zijn dus recht evenredig, zo concludeert de docent. Vervolgens wordt de formule op het bord geschreven:

$$R = \frac{V}{I}$$

De wet van Ohm wordt vaak genoteerd als $V = I \times R$ om er gemakkelijker mee te kunnen rekenen. Zo leerden we vroeger op college de wet van Ohm. De uitleg van de formule van de wet van Ohm werk ik hieronder uit aan de hand van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven. Een mannelijke leraar geeft de les en die heeft een leerling gevraagd hem bij de proefjes te helpen.

6.2.1 Stap 1: baken het gebied waarnaar je kijkt af

De herformulering van de informatieanalysemethode als lesmethode definieert stap 1 als het afbakenen van het gebied waarnaar je kijkt. Alle benodigde begrippen worden daarbij benoemd en de benodigde hulpmiddelen besproken.

"We gaan vandaag meneer Ohm nadoen," begint de leraar, "we doen de proefjes die hij deed opnieuw. Ik heb hier de spullen klaargelegd die meneer Ohm daarbij gebruikte: een aantal batterijen, een spanningsmeter, een stroomsterktemeter en twee lampjes. Kun je mij vertellen wat ik met behulp van de meters kan weergeven?" Het weergeven van deze grootheden met hun afkorting en eenheid is vaak een herhaling van de les ervoor. De leerling oogt zelfbewust en heeft vermoedelijk haar huiswerk bestudeerd. Ze vertelt:

"De batterij heeft twee polen waartussen een spanningsverschil staat. Het spanningsverschil kunnen we meten met de spanningsmeter. De spanning geven we weer met afkorting V en drukken we uit in de eenheid Volt. Door een spanningsverschil ontstaat een elektrische stroom van elektronen, die zich verplaatsen van de ene pool naar de andere pool van de spanningsbron. De sterkte van de stroom kunnen we aflezen op de stroomsterktemeter." Terwijl ze spreekt, tilt de leerling de genoemde meter op en laat deze aan de klas zien. Ze vervolgt: "De elektrische stroom geven we weer met afkorting I en drukken we uit in Ampère. De elektronen ondervinden een weerstand van de dunne gloeidraad van een lampje waar ze doorheen stromen. De weerstand geven we weer met R (van het engelse Resistance) en drukken we uit in Ohm, wat we weergeven met zo'n teken...". De leerling beschrijft in de lucht een Ω -teken. Ze besluit met "Deze eenheden zijn allemaal genoemd naar degene die ze voor het eerst beschreef: de

heren Volta, Ampère en Ohm." Terwijl de leerling de grootheden met hun afkorting en eenheid verwoordt, schrijft de leraar deze op het bord (zie figuur 6.1).

| spanning | stroomsterkte | weerstand |
|----------|---------------|----------------|
| V (V) | I (A) | R (Ω) |

Figuur 6.1: overzicht van de gebruikte begrippen van het *Universe of Discourse*.

Door het benoemen van de gebruikte begrippen en uitleggen van de hulpmiddelen, wordt het gebied afgebakend waarbinnen het voorbeeld geldt. Daarmee ligt het *Universe of Discourse* vast. Het *Universe of Discourse* is dat gebied van de werkelijkheid waarnaar wordt gekeken. Het geeft de randvoorwaarden waarvoor het voorbeeld geldt. De gebruikte grootheden die zijn aangegeven in stap 1 worden voor de duidelijkheid op het bord geschreven.

6.2.2 Stap 2: geef een relevant voorbeeld

Bij stap 2 wordt een voorbeeld gegeven binnen het *Universe of Discourse* dat is afgebakend in stap 1.

"Bij het eerste proefje sluiten we een lampje aan op de batterij bij een spanning van 9 Volt en gaan de stroomsterkte meten. Vertel je even," verzoekt de leraar de leerling, "hoe de stroom gaat lopen, terwijl je de hulpmiddelen met snoertjes verbindt?"

De leerling pakt een aantal snoertjes en vertelt:

"De stroom moet van de ene pool van de batterij naar het lampje kunnen stromen. Van de andere kant van het lampje moet de stroom doorlopen naar de stroomsterktemeter en vandaar naar de andere pool van de batterij. Zo kan de stroom rondlopen." Terwijl ze spreekt, verbindt ze met snoertjes de batterij met de lamp, de lamp met de stroomsterktemeter en de stroomsterktemeter weer met de batterij tot een gesloten stroomkring ontstaat. De uitslag op de stroomsterktemeter geeft aan dat er een stroom is gaan lopen.

"Wat geeft de meter aan voor stroomsterkte?" vraagt de leraar.

Met enige moeite leest ze de stroomsterktemeter af:

"0,2 Ampère."

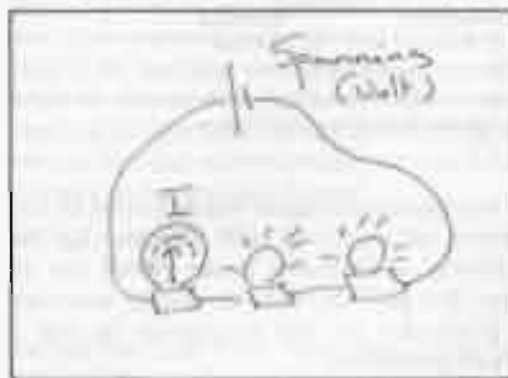
"Prima, dat noteer ik", zegt de leraar. "En wat is de weerstand?" vraagt hij verder.

De leerling kijkt op het lampje of er iets op staat, maar ziet niets dat op de grootte van een weerstand lijkt. Ze kijkt wat ongelukkig naar de leraar en heeft een vragende blik in haar ogen.

"Geen idee?" vraagt de leraar. "Ik ook niet. Zullen we die onbekende weerstand van het lampje met R Ohm weergeven?"

Uiteraard vindt ze dat goed.

"Proefje 2," kondigt de leraar aan: "Nu wil ik graag dat je nog zo'n zelfde lampje in de stroomkring plaatst. Vertel je weer even hoe de stroom loopt?" De leerling vertelt terwijl ze het tweede lampje na het eerste lampje aansluit:



Figuur 6.2: De schets van de stroomkring met de spanningsbron, twee lampjes en stroomsterktemeter.

"De stroom gaat van de ene pool van de batterij, door het eerste lampje, daarna door het tweede lampje en via de stroommeter weer naar de andere pool van de batterij. De stroom kan dus van de ene pool naar de andere pool van de batterij stromen."

Om er voor te zorgen dat alle leerlingen de mentale voorstelling van de proefjes in hun schrift kunnen weergeven, tekent de leraar de stroomkring op het bord (zie figuur 6.2).

"Zie je ook verschil in de felheid waarmee de lampjes branden nu er twee lampjes in de stroomkring staan?" vraagt de leraar.

"Ja," antwoordt de leerling, "de twee lampjes branden nu veel minder fel dan het eerste lampje in zijn eentje deed." Nog voordat de leraar kan vragen of ze daar een verklaring voor heeft komt ze zelf al met een uitleg: "Dat is natuurlijk ook logisch, want de stroom moet nu door twee dunne gloeidraden. De stroom kan daar moeilijker doorheen, wordt meer tegengehouden, waardoor de stroom minder groot is en daarom gaan de lampjes minder fel branden."

"Klopt jouw verklaring met de stroomsterkte die de meter aangeeft?" vraagt de leraar.

"Ja, de stroom is nu veel kleiner: 0,1 Ampère."

"Prima dus", moedigt de leraar haar aan. "En hoe groot zijn de spanning en de weerstand bij deze tweede proef?"

"De spanning is nog steeds 9 Volt uiteraard, want het is dezelfde batterij. En de weerstand..." Ze aarzelt even, want bij het eerste proefje kon ze de weerstand niet aflezen en stelde de leraar de onbekende weerstand op R Ohm. En nu? "De stroom moet eerst door het eerste lampje en daarna door het tweede lampje dat dezelfde weerstand heeft," denkt ze hardop. Aarzelend vraagt ze aan de leraar: "De weerstand zal nu twee keer zo groot zijn, dus $2 \times R$?"

"Ja, prima. Ik noteer alles netjes op het bord."

De proefjes worden vervolgens herhaald met twee batterijen waardoor de spanning twee keer zo groot wordt. De meetresultaten van de voorbeelden zoals die aan het eind van stap 2 op het bord staan, zijn weergegeven in figuur 6.3.

| | spanning V (V) | stroomsterkte I (A) | weerstand R (Ω) |
|---------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| proef 1 | 9 | 0,2 | R |
| proef 2 | 9 | 0,1 | $2 \times R$ |
| proef 3 | 18 | 0,4 | R |
| proef 4 | 18 | 0,2 | $2 \times R$ |

Figuur 6.3: de meetresultaten van de voorbeelden.

Bij de voorbeelden is er op gelet deze zo eenvoudig mogelijk te houden, door te kiezen voor twee dezelfde lampjes en twee dezelfde batterijen om het eigen inzicht van de leerling in de komende stappen tot zijn recht te laten komen.

6.2.3 Stap 3: koppel de voorbeelden aan de grote lijnen

Bij stap 3 worden de grote lijnen afgeleid vanuit de concrete voorbeelden van stap 2. Het is de bedoeling dat de leerlingen door de meetresultaten te vergelijken op overeenkomsten en verschillen, de regelmaat zelf vinden.

"Vergelijken we de meetresultaten van proef 1 met één lampje en proef 2 met twee lampjes, dan zien we dat bij gelijke spanning, als de weerstand $2 \times$ zo groot wordt, de stroom $2 \times$ zo klein wordt. Bij proef 3 en 4 zien we hetzelfde", vat de leraar samen. "Verbaast je dat?"

"Nee", antwoordt de leerling. "De elektronen zitten in de batterij met een bepaalde spanning en willen eruit om te gaan stromen. Als de weerstand groter is, kunnen ze moeilijker gaan stromen dus zal de stroomsterkte lager zijn. Nee, dat de stroomsterkte kleiner wordt als de weerstand groter is, verbaast me dus niet."

"Prima." De leraar wijst nu naar de volgende proefjes op het bord: "Vergelijken we de uitkomsten van de proef 1 bij één batterij met proef 3 bij twee batterijen, beide met één lampje, dan zien we dat, bij gelijke weerstand, als de spanning $2 \times$ zo groot wordt de stroom ook $2 \times$ zo groot wordt. Verbaast je dat?"

"Even denken," zo rekt de leerling tijd. "Bij een hogere spanning zijn er meer elektronen die willen gaan stromen en bij een zelfde weerstand zorgt dat natuurlijk voor een grotere stroom. Logisch dus."

Voor proef 2 en 4 geldt hetzelfde. Als bij gelijke weerstand de spanning $2 \times$ zo groot wordt, dan wordt de stroomsterkte ook $2 \times$ zo groot. Bij het zoeken naar de overeenkomsten en de verschillen, verbazen de meetresultaten van het voorbeeld ons niet. De regelmaat zoals die gevonden is in stap 3 staat op het bord en is weergegeven in figuur 6.4.

| | spanning V (V) | stroomsterkte I (A) | weerstand R (Ω) |
|---------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| proef 1 | 9 | 0,2 | R |
| proef 2 | 9 | 0,1 | $2 \times R$ |
| proef 3 | 18 | 0,4 | R |
| proef 4 | 18 | 0,2 | $2 \times R$ |

Figuur 6.4: het overzicht van de gevonden regelmatigheden.

Door een goede keuze te maken in het gebruik van dezelfde batterijen en dezelfde lampjes, komt de essentie duidelijk naar voren. De leerlingen valt het daarbij gemakkelijker op, dat het bij deze voorbeelden er vooral om gaat te kijken naar een verandering als $2 \times$ zo groot of $1/2 \times$ zo groot. Het is dus niet belangrijk naar de meetresultaten zelf te kijken, maar om de meetresultaten van de proefjes te vergelijken. Vanuit het vergelijken van de meetresultaten kan de leerling zelf de regelmaat in de overeenkomsten en verschillen van het voorbeeld verwoorden.

6.2.4 Stap 4: geef de grote lijnen met de begrippen weer

In stap 4 wordt de grote lijn weergegeven die volgt uit de regelmaat van de overeenkomsten en de verschillen van de meetresultaten in stap 3.

In de natuurkunde is het gebruikelijk de grote lijn in formulevorm weer te geven. De leerling is weer gaan zitten. De leraar zet de gevonden uitkomsten voor de hele klas nog eens op een rijtje:

"Laten we eens zoeken of we de regelmaat in de meetresultaten kunnen vinden. Bij gelijke spanning geldt dat als de weerstand $2 \times$ zo groot wordt, dan wordt de stroom $1/2 \times$ zo groot. Dus $9 = 0,2 \times R$ en $9 = 0,1 \times 2R$. Bij gelijke spanning blijft het product van de weerstand en de stroom gelijk. Bij proef 1 en proef 2 dus 9 Volt. En bij proef 3 en proef 4? Voeg maar eens een nieuwe kolom

| | spanning U (V) | stroomsterkte I (A) | weerstand R (Ω) | $I \times R$ |
|---------|-------------------|------------------------|-----------------------------|--------------|
| proef 1 | 9 | 0,2 | R | 0,2R |
| proef 2 | 9 | 0,1 | $2 \times R$ | 0,2R |
| proef 3 | 18 | 0,4 | R | 0,4R |
| proef 4 | 18 | 0,2 | $2 \times R$ | 0,4R |

Figuur 6.5: het overzicht van de gevonden regelmatigheden.

toe waarin je uitkomt van $I \times R$ plaatst." De leraar geeft een hint om de leerlingen zelf de regelmaat onder woorden te laten brengen.

Tijdens het vergelijken van de meetresultaten is nadrukkelijk getoetst dat de veranderingen in het voorbeeld niet verrassend waren, maar logisch. De regelmaat is daardoor niet moeilijk te begrijpen. Bij alle proefjes geldt dat bij gelijke spanning het product van de weerstand en de stroom gelijk is. De formule komt daardoor niet uit de lucht vallen, maar wordt aanvoeld en als rekenmiddel geaccepteerd. De wet van Ohm wordt uiteindelijk in formulevorm weergegeven als: $V = I \times R$.

Door de keuze van eenvoudige waarden van de meetresultaten en door de meetresultaten duidelijk op het bord te schrijven, zal de regelmaat door de leerlingen zelf gevonden worden.

6.2.5 Stap 5: geef minstens twee relevante voorbeelden

In stap 5 wordt de gevonden grote lijn van stap 4 vergeleken met minstens één nieuw concreet relevant voorbeeld.

Zelfs bij zo'n eenvoudige formule als de wet van Ohm zal menige leerling toch moeite hebben zich er een mentale voorstelling van te maken. In het voorbeeld wordt namelijk de spanning gevarieerd door het gebruik van één of twee batterijen. De ervaring van leerlingen met elektrische spanning die verandert, is vrijwel nihil. Thuis komt uit het stopcontact altijd een constante spanning van zo'n 230 Volt. Een tweede voorbeeld van de wet van Ohm is dan ook zeker op zijn plaats. In ons geval herhalen we de proef met grote lampen zoals we die thuis hebben bij een constante spanning van 230 Volt.

"Laten we nu uitproberen of de gevonden formule ook te gebruiken is als we gebruikmaken van het gewone stopcontact, zoals thuis als we de lampen laten branden," vertelt de leraar terwijl hij twee schemerlampen toont. "Ik heb hier twee schemerlampen. De houder van de schemerlamp is verbonden met dit witte snoer met een stekker eraan". De leraar toont het geheel goed zichtbaar aan de gehele klas. "Het spanningsverschil op de polen van een stopcontact - de gaten - is ongeveer 230 Volt. We beginnen weer met het aansluiten van één lamp. Help je me even?"

De aangesproken leerling springt enthousiast op om te helpen. Het enige wat ze moet doen is de stekker van de lamp in het stopcontact steken. Daar is natuurlijk niets aan, dat lukt haar zeker. Dat straalt ze dan ook uit.

"Als jij hardop vertelt hoe de stroom loopt, maak ik ondertussen weer een tekening," biedt de leraar aan.

"Nou, er staat al een spanningsverschil van 230 Volt op het stopcontact. Ik steek de stekker van de lamp erin en hij gaat branden."

De leraar schetst ondertussen op het bord het stopcontact, de stekker, het ene witte snoer waarmee de stekker is verbonden dat naar de lamp loopt.

"Ja, en hoe loopt de stroom nu?" Vraagt de leraar wijzend op het ene witte snoer dat uit de stekker komt.

De leerling denkt zwijsend na. De stroom moet lopen van de ene pool naar de andere pool van de spanningsbron, in een kring. Dat ene witte snoer dat de stekker met de lamp verbindt is echt geen kring. Wat nu? Het zelfvertrouwen van de leerling neemt zinderogen af. Wat hulpeloos kijkt ze vragend naar de leraar. Die moet het goede antwoord toch kunnen geven.

"Als je het goede antwoord niet direct ziet, dan moet je altijd teruggaan naar het moment waarop je het nog wel begreep," helpt de leraar haar om zelf tot het goede antwoord te kunnen komen. "Dus haal de stekker maar weer uit het stopcontact en kijk er eens goed naar," zo stelt hij voor.

Dat doet ze. De leraar helpt haar door te vertellen:

"Het spanningsverschil van het stopcontact van 230 Volt staat over de polen van de spanningsbron. De gaten van het stopcontact zijn de polen."

De leerling knikt als teken dat ze dat begrijpt.

"In de twee gaten passen de twee pootjes van de stekker," vervolgt de leraar, "dus die pootjes worden verbonden met de polen van de spanningsbron. Via die pootjes van de stekker moet dus de stroom gaan lopen." De leraar vraagt aan de klas: "Weet iemand hoe de stroom gaat lopen?"

Een jongen antwoordt:

"Natuurlijk; er lopen twee draden door die ene witte draad!"

"O ja? Heb je wel eens een stekker open geschroefd? Wie heeft er nog meer wel eens een stekker open geschroefd?" vraagt de leraar aan de klas.

"De helft van de jongens steekt de hand op en slechts één van de meisjes. "Dat is een groot verschil, maar het verbaast me niet (Jörg *et al.*, 1990). Volgende week op practicum gaan jullie allemaal stekkers openschroeven en trekken we dat verschil in ervaring recht. Nu schroef ik hem open," kondigt de leraar al doende aan.

De leerling staat er vlakbij en kan het goed zien.

"Hé, de twee pootjes van de stekker zijn beide verbonden met een aparte draad. Er lopen twee draden in dat ene witte snoer: de ene draad is blauw en de andere draad is bruin!" Het klinkt nog niet alsof ze het helemaal begrijpt.

De leraar vult aan:

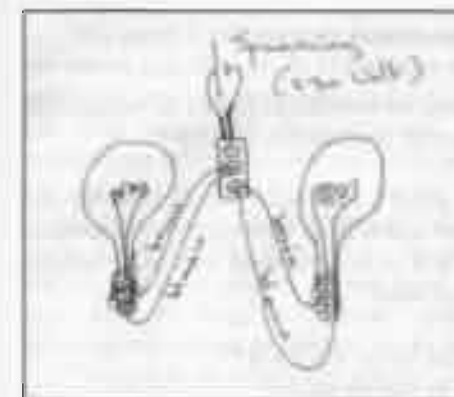
"Ja, beide draden lopen helemaal door het witte snoer. Aan de andere kant kan ik ze verbinden met beide kanten van de lamp. Heen gaat de stroom vanaf de ene pool door de blauwe draad en terug door de bruine draad. Zo kan de stroom toch in een kring lopen. Ik kan mijn tekening van de stroomkring afmaken, want we begrijpen nu dat de stroom kan rondlopen. Bij deze proef 5 sluiten we de grote lamp aan op een stopcontact met een spanning van 230 Volt. We lezen daarbij een stroomsterkte af van ..."

"0,2 Ampère", vult de leerling aan terwijl ze de stroomsterktemeter bekeek. De leraar gaat door met:

"De weerstand van de grote lamp kennen we niet en geven we aan met R^* . Duidelijk anders dan de weerstand R van de in de vorige proefjes gebruikte lampjes." Al pratend schreef de leraar de resultaten op het bord.

"Willen we nu ook de tweede schemerlamp in het stopcontact doen, dan hebben we twee stopcontacten nodig. Hier heb ik een verdeeldoos waar drie stekkers in kunnen. Ik verbind de verdeeldoos met het stopcontact. Nu heb ik op

de verdeeldoos drie stopcontacten waar een spanningsverschil van 230 Volt op staat. Sluit beide lampen nu maar aan op de verdeeldoos. Ik maak de tekening af, want dan kun je me aanwijzen hoe de stroom gaat lopen (zie figuur 6.6). Wat verwacht je dat de stroomsterkte wordt door de tweede lamp?"



Figuur 6.6: de stroomkring met twee lampen via de verdeeldoos aangesloten.

De leerling vindt dat de tekening er heel symmetrisch uitziet: twee stroomkringen door een zelfde lamp die allebei zijn aangesloten op de spanningsbron van 230 Volt.

"Natuurlijk is de stroomsterkte door beide lampen gelijk, want de stroomkringen hebben dezelfde spanning en dezelfde weerstand." Bij het meten blijkt dit inderdaad te kloppen.

"Prima. Door de stroomkringen van de lampen gaat dus elk een stroom van 0,2 Ampère. Hoe groot verwacht je dat de stroomsterkte is door het snoer van de verdeeldoos? Op die verdeeldoos zijn beide lampen aangesloten. Door iedere lamp afzonderlijk gaat een stroom van 0,2 Ampère."

De leerling kijkt van de tekening op het bord naar de opstelling op tafel en stelt zich de stroom voor. Alle stroom moet uit het stopcontact aan de muur komen. Vervolgens moet de stroom door het snoer naar de verdeeldoos. Na de verdeeldoos gaat een deel van de stroom naar de ene lamp en een ander deel van de stroom gaat naar de andere lamp. De totale stroom moet dus door het snoer van de verdeeldoos, waarna de stroom zich verdeelt om naar de stroomkringen van beide lampen te gaan.

"Alle stroom gaat door het snoer van de verdeeldoos, die is dus $2 \times 0,2$ is 0,4 Ampère!" De leerling klinkt overtuigd van haar antwoord.

"Zeker weten?" vraagt de leraar. "Meet maar eens na."

Bij het meten blijkt ook dit te kloppen. De leraar voegt de nieuwe meetresultaten toe op het bord (zie figuur 6.7).

| | spanning V (V) | stroomsterkte I (A) | weerstand R (Ω) |
|---------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| proef 1 | 9 | 0,2 | R |
| proef 2 | 9 | 0,1 | $2 \times R$ |
| proef 3 | 18 | 0,4 | R |
| proef 4 | 18 | 0,2 | $2 \times R$ |
| proef 5 | 230 | 0,2 | R^* |
| proef 6 | 230 | 0,4 | " |

Figuur 6.7: het overzicht van de oude en nieuwe meetresultaten.

We kiezen ook in het tweede voorbeeld voor twee dezelfde grote lampen met dezelfde weerstand R^* om de essentie zo eenvoudig mogelijk weer te geven.

6.2.6 Stap 6: zoek overeenkomsten en verschillen

In stap 6 wordt gezocht naar overeenkomsten en verschillen tussen de verzamelde resultaten van minstens twee concrete relevante voorbeelden uit stap 5.

"Als laatste gaan we de resultaten van proef 5 en proef 6 met de grote lampen met elkaar vergelijken. Wat we nog moeten weten is de weerstand. De weerstand van één lamp hebben we op R^* gesteld. Wat is de weerstand van beide lampen samen voor de stroom die uit het stopcontact komt?"

De leerling heeft het antwoord vlot paraat:

"Uiteraard twee keer zo groot als van één lamp, dus $2 \times R^*$."

Op de vragende blik van de leraar vervolgt ze met de uitleg:

"Nou, de stroom gaat dan door twee lampen in plaats van één lamp..."

"Gaat die totale stroom van 0,4 Ampère door twee lampen? Of verdeelt de totale stroom zich juist in twee afzonderlijke stromen van 0,2 Ampère?" vraagt de leraar haar.

Daar heeft de leraar gelijk in. Ze staat er opeens wat bedremmeld bij. De leraar helpt:

"Daarom heb je ons een prima beeld geschetst: door één lamp gaat een stroom, door de tweede lamp gaat een even grote stroom en de totale stroom is de som van de stroom door de afzonderlijke lampen. Vergelijk het maar met een stroom water: als je één kraan open zet, komt er een stroom water uit. Als je twee kranen open zet, komt er een even grote stroom bij, dus in totaal is de stroom water twee keer zo groot. Wat we zoeken, is de weerstand die de stroom ondervindt. Bekijk het dus vanuit de stroom: wat voor weerstand ondervindt de stroom water? Als er geen kraan open is, dan is voor de stroom water de weerstand oneindig groot: het kan niet stromen. Als we één kraan opendoen, dan is de weerstand een stuk lager en het water kan gaan stromen. Als we twee kranen opendoen dan kan het water nog gemakkelijker stromen, dus de weerstand is nog lager. Wij willen niet weten wat de weerstand van de kraan is, maar we willen weten wat de weerstand is die de stroom ondervindt. De weerstand van beide kranen is gelijk, maar de weerstand voor de stroom van het water is een stuk minder, als beide kranen openstaan. Dat doen we ook bij de lampen. Wat wij willen weten, is hoe groot de weerstand is voor de stroom elektronen die er door gaat. Dus hoe gemakkelijk de stroom er door kan. Bij twee open kranen is de weerstand twee keer lager dan bij één open kraan. Zo is ook bij twee lampen, waaruit de stroom kan kiezen, de weerstand twee keer lager dan bij één lamp. Als de stroom er twee keer zo gemakkelijk door kan, dan is de weerstand voor de stroom twee keer zo laag."

De leerling kijkt nog wat moeilijk. Ze verklaart haar probleem met: "In het eerste geval dat de stroom door beide lampjes ging was de weerstand twee keer zo groot: logisch. Nu bij de grote lampen kan de stroom kiezen tussen de lampen en is de

weerstand twee keer zo laag? Het verhaal van de kraan begrijp ik wel, maar het verschil van beide gevallen nog niet helemaal."

De leraar helpt door de proeven met de kleine lampjes en de grote lampen te vergelijken:

"Bij proef 1 en 2 moet de stroom eerst door het ene lampje en vervolgens door het andere (zie figuur 6.2). De lampjes staan achter elkaar, in serie noem je dat. De gehele stroom gaat door beide lampjes en de totale weerstand is dus de weerstand van beide lampjes bij elkaar opgeteld. Bij proef 5 en 6 zijn beide lampen via de verdeeldoos verbonden met het stopcontact met dezelfde spanning van 230 Volt. De stroom kan daarbij kiezen tussen of door de ene lamp te gaan of door de andere lamp. Deze lampen staan niet achter elkaar, in serie, maar naast elkaar, dat noem je parallel (zie figuur 6.6). Nu zijn er twee wegen, waaruit de stroom kan kiezen. Dat gaat voor de stroom twee keer zo gemakkelijk, dus is de weerstand twee keer zo laag." De leraar verduidelijkt dit met een voorbeeld uit de ervaringswereld van de leerling die de leerlingen begrijpen:

"Vergelijk de elektrische stroom maar eens met een stroom leerlingen," haalt de leraar een voorbeeld aan uit de dagelijkse praktijk van de leerlingen. "Julie willen met z'n allen tegelijk in de pauze door een deur naar buiten. Veel leerlingen staan te wachten en een klein stroompje leerlingen kan er uit. Als de leerlingenstroom door een deur moet en even later nog eens door een deur, dan ontstaat er twee keer een opstopping. De stroom wordt dan twee keer tegengehouden, ofwel de stroom ondervindt twee keer een weerstand. Dat geeft een heel ander beeld dan als de leerlingenstroom uit twee deuren naast elkaar mag kiezen. Als er twee deuren naast elkaar waren geweest, dan wordt de leerlingenstroom minder tegengehouden. De leerlingenstroom was dan $2 \times$ zo groot geweest, dus de weerstand $2 \times$ zo klein. Zo werkt het bij elektrische stroom ook. Bij twee lampjes waar de stroom beide doorheen moet, is de weerstand $2 \times$ zo groot. Bij twee lampen waar de stroom kan kiezen, dus zich kan verdelen, is de weerstand $2 \times$ zo klein." Dit voorbeeld uit de dagelijkse praktijk van de leerlingen verbaasde niemand. Dit is toch niet moeilijk? Het begrijpen van de wet van Ohm is net zo min moeilijk.

"Vullen we bij proef 6 voor de weerstand in $\frac{1}{2} \times R^*$. Dan blijkt, bij vergelijken van proef 5 en 6 bij gelijke spanning van 230 Volt dat als de weerstand $\frac{1}{2}$ zo groot is, de stroomsterkte $2 \times$ zo groot wordt. De gevonden regelmaat $V = I \times R$ geldt dus in alle gevallen. Meneer Ohm heeft dat het eerst ontdekt, vandaar dat deze formule 'de wet van Ohm' wordt genoemd. Als rekenhulpmiddel is de formule handig."

Bij deze stap van het vergelijken van de voorbeelden, komt de docent met voorbeelden uit een ander vakgebied. De volgende stap is, dat de leerlingen zelf voorbeelden zoeken uit hun eigen beleavingswereld en daarbij de overeenkomsten en verschillen zoeken met de te leren grote lijn.

6.2.7 Stap 7: plaats de grote lijnen in de ervaringswereld

Bij stap 7 zoeken de leerlingen zelf voorbeelden die ze kennen uit hun dagelijks leven. Daarbij dient dezelfde samenhang van de grote lijn te gelden als in stap 6.

"Kan iemand me een voorbeeld geven van de werking van de wet van Ohm? Waar moeten jullie aan denken," vraagt de leraar, "als je dit verhaal hoort?" Een leerling antwoordt:

"Mijn moeder neemt altijd met de auto een sluiproute om de file op de rondweg te vermijden. Voor de verkeersstroom is de file een grote weerstand. Vandaar dat zij en ook anderen kiezen voor een andere weg. Het verkeer zal daardoor beter doorstromen. Heeft de verkeersstroom de keuze tussen beide routes, dan zal de weerstand minder groot zijn en beter stromen. Moet de verkeersstroom echter eerst de file passeren en dan ook nog door de sluiproute, dan zou de weerstand aanzienlijk toenemen. Dat zou enorme opstoppen geven."

"Ja, een uitstekend voorbeeld," bemoedigt de leraar. "Iemand anders nog?" Een andere leerling vertelt:

"Mijn opa heeft vorige week een *bypass* gekregen. Een ader bij zijn hart zat verstopt. In het ziekenhuis hebben ze nu een ader uit zijn been verplaatst. Daardoor ondervindt het bloed om het hart nu minder weerstand en kan het dus beter stromen."

"Het hart pompt met een bepaalde kracht. Nu de weerstand minder is, zal de stroom bloed groter worden," zo gaat de leraar er op in. "Ik weet trouwens niet wat er precies gebeurt: of dat de oude ader wordt verwijderd en de nieuwe ader met minder weerstand er voor in de plaats komt, of dat de nieuwe ader naast de oude ader komt te lopen. Weet jij dat?"

De leerling schudt het hoofd.

"Nee? Kun je dat eens vragen aan opa? Gaat het goed met hem?"

De leerling knikt instemmend.

Weer een andere leerling vertelt:

"Ik hoorde van mijn zus dat ze de wet van Ohm vergelijkt met de wet van Thante..."

Op de vragende blik van de leraar gaat ze lachend verder:

"Die naam heeft ze zelf verzonnen: *Thante* is net zoiets als Ohm. Je bent Verliefd (V) en daardoor komt er een stroom van kusjes (I). Hoe meer je Verliefd bent, des te groter de stroom kusjes. Tenzij je ze tegenhoudt, die stroom kusjes. Dus afhankelijk van je weerstand (R) komt de stroom kusjes op gang. Hoe kleiner de weerstand, des te groter de stroom kusjes. Deze voorstelling gebruikt ze altijd om de wet van Ohm beter te begrijpen."

Het gebruik van eigen voorstellingen helpt een formule beter te begrijpen. De fysisch correcte manier van weergave van de wet van Ohm is dat de grafiek van de stroom uitgezet tegen de spanning een rechte is. De stroom en de spanning zijn dus recht evenredig. Daardoor wordt echter de betekenis van de formule zelf niet begrepen. Neem bijvoorbeeld de uitspraak "In een salonorkest is de waardering voor een cellist en een contrabassist omgekeerd evenredig met het aantal noten dat ze spelen". Een algemene uitspraak die de meeste mensen niet begrijpen. Pas na het voorbeeld "een cellist speelt drie keer zoveel noten als een contrabassist, maar

de waardering voor de contrabassist is juist drie keer zo groot" komt de boodschap over. Een voorbeeld geven van een grote lijn komt vaak al duidelijker over dan de grote lijn zelf.

Als voorbereiding van de volgende les over het gebruik van de wet van Ohm geeft de leraar een voorbeeld uit het dagelijks leven om over na te denken:

"Volgende keer gaan we bekijken hoe jullie fietslamp precies werkt. Ik hoop dat je na die les begrijpt dat als je voorlamp stuk is, binnen korte tijd ook je achterlamp zal doorbranden." Een voorbeeld uit het dagelijkse leven (Boltjes, 1966) waar veel scholieren uit de basisvorming mee te maken hebben.

6.2.8 Het verschil tussen de leer- en lesmethode

Plaatsen we de stappenplannen van de leer- en de lesmethode naast elkaar (figuur 6.10), dan zien we als verschil dat bij de leermethode het stappenplan uit 8 stappen bestaat en de lesmethode uit 7 stappen.

De overeenkomsten tussen de stappenplannen van de leer- en lesmethode zijn groot.

1. Stap 1 is bij beide het afbakenen van het gebied waarvoor je kijkt, ofwel het bepalen van de context.
2. Stap 2 van de leermethode is relevante voorbeelden verzamelen. Hierbij kunnen alle relevante voorbeelden bekeken worden. Bij stap 2 van de lesmethode wordt een eerste voorbeeld gegeven, pas later volgen nog een voorbeelden.
3. Stap 3 en 4 van de leermethode is het verwoorden en opdelen in kleinste mogelijke zinnen. Dat zelfde gebeurt in de lesmethode in slechts één stap 3, het koppelen van het voorbeeld aan de grote lijnen.
4. Stap 5 van de leermethode komt overeen met stap 4 van de lesmethode: het weergeven van de grote lijnen.
5. Bij stap 6 van de leermethode worden alle verzamelde voorbeelden gekoppeld aan de grote lijn. In stap 5 van de lesmethode moet nog minstens één relevant voorbeeld besproken worden, mogelijk zelfs meer dan een voorbeeld.
6. Stap 7 van de leermethode komt overeen met stap 6 van de lesmethode: het weergeven van de overeenkomsten en de verschillen tussen alle voorbeelden.
7. Stap 8 van de leermethode komt overeen met stap 7 van de lesmethode: de leerling aanmoedigen om voorbeelden uit het dagelijks leven te vergelijken met de gevonden grote lijn voor kennistransfer.

| Voorbeeldgestuurd leren | | Voorbeeldgestuurd lesgeven | |
|-------------------------|--|----------------------------|--|
| stap 1 | baken het gebied waarnaar je kijkt af | stap 1 | baken het gebied waarnaar je kijkt af |
| stap 2 | verzamel relevante voorbeelden | stap 2 | geef een relevant voorbeeld |
| stap 3 | verwoord de voorbeelden | stap 3 | koppel het voorbeeld aan de grote lijnen |
| stap 4 | maak de kleinste mogelijke zinnen van de verwoording | | |
| stap 5 | geef de grote lijnen en de begrippen weer | stap 4 | geef de grote lijnen en de begrippen weer |
| stap 6 | plaats de voorbeelden bij de grote lijnen | stap 5 | geef minstens twee relevante voorbeelden |
| stap 7 | zoek overeenkomsten en verschillen | stap 6 | zoek overeenkomsten en verschillen |
| stap 8 | plaats de grote lijnen in de ervaringswereld | stap 7 | plaats de grote lijnen in de ervaringswereld |

Figuur 6.10: de stappenplannen van de leer- en lesmethode van voorbeeldgestuurd onderwijs.

Het grootste verschil tussen het stappenplan van de leermethode en van de lesmethode is, dat de twee stappen 3 en 4 van de leermethode in de enkele stap 3 van de lesmethode plaatsvindt. Bij de leermethode moet de leerling bij stap 3 de voorbeelden verwoorden en vervolgens bij stap 4 de verwoording opdelen in de kleinste mogelijke zinnen zonder informatieverlies. Deze kleinste mogelijke zinnen geven alle eigenschappen van de begrippen weer die belangrijk zijn. Daardoor wordt een complex begrip uiteengehaakt tot een aantal feitelijke eigenschappen. Dit gebeurt aan de hand van de verwoording die de leerling zelf maakt en dus ook zelf begrijpt. Bij stap 3 van de lesmethode daarentegen verwoordt de docent het begrip. In de verwoording door de docent schuilt het gevaar dat de docent er te snel vanuit gaat dat de leerlingen het nieuwe begrip daadwerkelijk begrijpen. Een voorbeeld is het te snel gebruiken van afkortingen van begrippen die na één keer noemen al bekend worden verondersteld. Ook kan het voorkomen dat de docent nieuwe begrippen aanduidt met *deze* of *die* terwijl zij op het bord wijst. Wanneer de schrijvende leerling niet ziet waarnaar de docent verwijst, kunnen mogelijk misconcepties ontstaan door een verkeerde koppeling van eigenschappen aan nieuwe begrippen. Dat deze ene stap 3 in de lesmethode dezelfde functie heeft als de twee stappen 3 en 4 bij de leermethode, geeft de belangrijkheid aan van deze ene stap. Het koppelen van het voorbeeld aan de grote lijnen moet dus in zo klein mogelijke stapjes gebeuren. De docent moet met woorden aan de leerlingen uitleggen dat het concrete relevante voorbeeld dat de docent heeft gekozen, evident is om de nieuw te leren grote lijnen te begrijpen.

Het grote verschil tussen de leer- en lesmethode is de verwoording. Bij de leermethode worden de nieuwe begrippen door de leerling verwoord en bij de lesmethode door de docent. Bij het klassikaal - frontaal auditief - lesgeven speelt de bekwaamheid van de leraar een grote rol om de nieuwe begrippen te verwoorden en over te brengen. In de volgende paragraaf wordt deze bekwaamheid van leraren besproken.

6.3 De bekwaamheid van leraren

Het voorbeeldgestuurd lesgeven integreert kenmerken van het nieuwe leren bij klassikaal onderwijs. Bij klassikaal lesgeven is het pedagogisch en didactisch handelen van de leraar van cruciale betekenis. De kwaliteitsbewaking van de bekwaamheid van leraren is een zorg voor de overheid die ik beschrijf in 6.3.1. De overheid heeft om de kwaliteitsbewaking te kunnen garanderen, beroepsprofielen geformuleerd. De daaruit afgeleide gewenste competenties voor leraren noem ik in 6.3.2. De door de overheid aanbevolen pedagogische en didactische activiteiten, die leraren moeten ontplooiën om lesbekwaam te zijn, bespreek ik in 6.3.3.

6.3.1 Kwaliteitszorg in het onderwijs

Volgens de Inspectie van Onderwijs is de aandacht voor kwaliteitszorg de laatste jaren op de scholen ontegenzeggelijk toegenomen, aldus haar verslag over de staat van onderwijs in Nederland in 2001 (Inspectie, 2002).

De overheid heeft een belangrijke permanente verantwoordelijkheid voor het garanderen van de kwaliteit van de leraar. Het instrument van een in- of externe ijking van de vakdidactische kwaliteit is echter in het algemeen nog onbekend. De verantwoordelijkheid voor de kwaliteitsbewaking moet vorm krijgen binnen een dynamisch stelsel van beroepsprofielen, bekwaamheidseisen en de toetsing daarvan. In het najaar van 2001 heeft de minister van OCenW (MinOCenW, 2001) een voorstel voor een 'Wet op de Beroepen in het Onderwijs' naar de Tweede Kamer gezonden. In deze profielen worden de verschillende activiteiten van de leraar vrijwel volledig beschreven in samenhang met de bedoeling daarvan. Hieruit is afgeleid wat van de leraar verwacht wordt en in welke contexten deze het werk uitvoert. De Stichting Samenwerkingsorgaan Beroepskwaliteit Leraren (SBL) werd gevraagd een hanteerbare en in de dagelijkse praktijk herkenbare standaard voor de basisbekwaamheid van de leraar te ontwikkelen. Op de cd-rom 'Leraar: beelden van bekwaamheid' van de SBL (2002) wordt de leraarsbekwaamheid beschreven. Het geheel van de gewenste bekwaamheden is gedefinieerd in termen van gewenste opbrengst. De gewenste opbrengst wordt (politiek-) maatschappelijk bepaald.

In enkele hoofdlijnen kan een referentiekader voor goed onderwijs als volgt worden geschetst:

- goed onderwijs doet recht aan de psychologische basisbehoeften van lerenden;
- goed onderwijs helpt lerenden de maatschappelijk noodzakelijke, voor hen haalbare en door henzelf gewenste leeropbrengsten te leveren; die hulp is effectief en efficiënt;
- goed onderwijs is bij de tijd en in ontwikkeling, wat betreft inhoud, materialen en werkwijze;
- goed onderwijs is verantwoord gezien de eigen identiteit van de onderwijsinstelling, de actuele praktijk in het onderwijs en de actuele stand van zaken in de onderwijskundige theorie.

Voor dit referentiekader bestaat een breed draagvlak in en buiten het onderwijs, aldus de SBL (2002). De bekwaamheidseisen voor leraren werden ingedeeld in zeven competenties die ik in de volgende subparagraaf beschrijf.

6.3.2 Competenties voor leraarsbekwaamheid

De SBL (2002) heeft de kenmerken van goed onderwijs vertaald naar de verantwoordelijkheden van de leraar middels de definitie van zeven competenties. De leraar is:

1. *pedagogisch competent*: de leraar draagt zorg voor het realiseren van een veilige leeromgeving voor leerlingen;
2. *(vak-)didactisch competent*: de leraar draagt zorg voor het realiseren van een krachtige leeromgeving voor leerlingen;
3. *interpersoonlijk competent*: de leraar draagt zorg voor het realiseren van samen gaan van en samenwerken met leerlingen;
4. *organisatorisch competent*: de leraar draagt zorg voor het realiseren van structuur in de leeromgeving voor leerlingen;
5. *competent in samenwerking met collega's*: de leraar draagt bij aan het realiseren en het verder ontwikkelen van het pedagogisch/didactisch klimaat van de school en de kwaliteit van de werkverhoudingen en de organisatie van de school;
6. *competent in samenwerking met anderen buiten de school*, met name met ouders en collega's van andere instellingen: de leraar draagt bij aan het realiseren en de ontwikkeling van de samenwerkingsrelatie met mensen en instellingen in de omgeving van de school;
7. *competent in reflectie en ontwikkeling*: de leraar onderzoekt en ontwikkelt opvattingen en bekwaamheden ten aanzien van de verschillende aspecten van beroepsuitoefening.

Met de beschrijving van de zeven competenties worden de aspecten van bekwaamheid, als genoemd in het wetsvoorstel, volledig gedekt: het handelen in het onderwijsleerproces met de competenties 1 t/m 4, het werken binnen een onderwijsorganisatie door competenties 5 en 6 en het algemeen professioneel handelen door competentie 7 (zie figuur 6.11).

| | met leerlingen | met collega's | met omgeving | met zichzelf |
|------------------|----------------|---------------|--------------|--------------|
| pedagogisch | 1 | 5 | 6 | 7 |
| (vak-)didactisch | 2 | | | |
| interpersoonlijk | 3 | | | |
| organisatie | 4 | | | |

Figuur 6.11: de indeling van de zeven competenties voor leraarsbekwaamheid naar de Stichting Samenwerkingsorgaan Beroepskwaliteit Leraren (SBL, 2002).

Mijn onderzoek is vooral gericht op de pedagogische (1) en (vak-)didactische (2) competenties van de leraar in klassikaal onderwijs. Op de aanbevolen didactische werkwijzen ga ik in de volgende subparagraaf nader in. Ze blijken perfect te sporen met de didactiek van voorbeeldgestuurd onderwijs.

6.3.3 Aanbevolen didactische activiteiten in de basisvorming

Hoewel in de wet geen didactische werkwijzen worden voorgeschreven, zijn er karakteristieken geformuleerd voor wenselijk geachte didactische activiteiten. De probleemstelling is vooral gericht op onderwijs in de basisvorming van het voortgezet onderwijs, vandaar dat ik de karakteristieken bespreek die daarvoor geformuleerd zijn.

In augustus 1993 zijn de scholen voor voortgezet onderwijs begonnen met de invoering van de basisvorming. In de basisvorming wordt een gemeenschappelijk curriculum aangeboden aan alle leerlingen in de eerste fase van het voortgezet onderwijs. Het gemeenschappelijk curriculum omvat algemene en vakspecifieke kerndoelen die richtinggevend zijn voor de leerinhouden van de vakken. Voor 15 vakken werden kerndoelen vastgesteld, die door alle leerlingen in twee tot vier jaar bereikt zouden moeten worden. Daarnaast werd ook een verandering verwacht in de aard van het onderwijsleerproces. Het Procesmanagement Basisvorming (PMB) heeft in 1993 drie kernkarakteristieken geformuleerd aan de hand waarvan wenselijke didactische activiteiten konden worden afgeleid: (T) toepassen, (V) vaardigheid en (S) samenhang. Deze zogenaamde TVS-karakteristieken (PMB, 1993a, 1993b) geven de richting aan van het didactisch handelen:

- T) *Toepassingsgerichtheid* betekent dat de manier waarop kennis aan de leerlingen wordt aangeboden levensecht dient te zijn. De kennis dient gekoppeld te worden aan voor de leerling herkenbare situaties uit de leefwereld. Toepasbaarheid vereist, dat de leerling iets met de kennis kan doen, zowel als persoon als in het maatschappelijk functioneren.
- V) Niet alleen kennis en inzicht, maar ook *vaardigheden* zijn van belang om aan te leren. Dit dient in samenhang te gebeuren met de toepassing (T). Het kunnen vakspecifieke vaardigheden zijn, maar ook vakoverstijgende vaardigheden.
- S) Kennis en vaardigheden voor alle vakken dienen in samenhang met elkaar te worden aangeleerd. *Samenhang* in leerinhoud komt tot uiting in samenhang tussen vakken en leerstofgebieden. Dit kan uitmonden in overleg tussen vaksecties op basis van overeenkomstige kerndoelen, in het gebruik van thema's (projectonderwijs), in vakkenintegratie, en in versterking van relaties tussen onderdelen van de leerinhoud.

De TVS-karakteristieken zijn heel goed terug te vinden in voorbeeldgestuurd onderwijs. De (T) toepassingsgerichtheid komt tot uiting bij het koppelen van levensechte voorbeelden uit het dagelijks leven aan de lesstof, de (V) vaardigheid in het uitvoeren van het stappenplan dat vakonafhankelijk toepasbaar is, en de (S)

samenhang komt tot uiting in de voorbeelden uit het dagelijks leven waarbij de vakintegratie logisch is.

In de volgende paragraaf ga ik in op het huidige pedagogisch en didactisch handelen van de leraar. Als eerste bespreek ik de mate van toepassen van de TVS-karakteristieken zoals die uit onderzoek naar voren komt.

6.4 Pedagogisch en didactisch handelen

Volgens onderzoekers bevat de didactiek van *authentiek leren* kenmerken van de aanbevolen TVS-karakteristieken. In 6.4.1 bespreek ik onderzoeksresultaten waaruit blijkt in hoeverre de didactiek van *authentiek leren* in de basisvorming wordt gevolgd. Daarbij let ik vooral op oorzaken waardoor niet alle leraren lesgeven volgens de aanbevolen karakteristieken. In 6.4.2 geef ik het huidige pedagogisch en didactisch handelen van leraren in de basisvorming weer, zoals de Inspectie dat rapporteert. Daarna beschrijf ik in 6.4.3 de ideale situatie voor didactisch handelen, zoals die uit onderzoek naar voren komt opdat meer meisjes het vak natuurkunde kiezen in de basisvorming.

6.4.1 Gebruik van de aanbevelingen van de overheid

Authentiek leren wordt beschouwd als een didactiek die de TVS-karakteristieken voor het didactisch handelen van de leraar bevatten (Roelofs en Houtveen, 1990; Roelofs *et al.* 1996). De didactiek heeft vier kenmerken die het authentiek leren bevorderen: 1) constructie van kennis in complete taaksituaties, 2) gerichtheid op de leefwereld, 3) relevantie van leren voor buitenschoolse situaties en 4) communicatie en samenwerking. De vier kenmerken kunnen als volgt worden toegelicht:

1. Constructie van kennis in complete taaksituaties betekent dat leerlingen te maken krijgen met betekenisvolle taken. De taken hebben een procesgericht karakter, waarbij sprake is van verwoording van denkprocessen en reflectie op regulatieprocessen.
2. Gerichtheid op de leefwereld van leerlingen en hun persoonlijke voorkennis, doordat docenten bij hun keuze van hun lesonderwerpen aansluiten bij de belevingswereld van de leerling. Er is aandacht voor preconcepties van leerlingen, die misconcepties kunnen blijken te zijn.
3. Relevant voor het leren zijn ervaringen buiten school. Leeropbrengsten reiken in de optiek van authentiek leren verder dan het verdienen van een schoolcijfer, gegeven door de docent. Bij taken en opdrachten worden leerlingen geplaatst in de rol van kennisgebruiker. Bij de instructie legt de docent contact met de actualiteit en hanteert daarbij verschillende media waardoor dat contact mogelijk wordt (zoals computer, tv).
4. Communicatie en samenwerking, waardoor kennisverwerving tot stand komt door leertaken waarin sprake is van onderlinge interactie en samenwerkend

leren. De docent biedt de faciliteiten voor het groepsproces en spreekt leerlingen aan op de door hen gevolgde aanpak.

Een onderzoek van Roelofs en Houtveen (1999) naar de didactiek van authentiek leren op scholen, bestond uit een vragenlijst die gestuurd is aan 90 scholen; per school aan een docent wiskunde en een docent Nederlands. Uit de resultaten blijkt, dat de wenselijk geachte didactische karakteristieken *Toepassingsgerichtheid*, *Vaardigheden* en *Samenhang* in de basisvorming slechts mondjesmaat worden gerealiseerd. Dit geldt met name voor het meest complexe en omvattende aspect van authentiek leren, namelijk de combinatie van deze karakteristieken: de realisatie van een constructieve leeromgeving. Ter verklaring van de geringe realisatie wordt als belangrijkste conditie gevonden, de mate waarin de leraar zich competent voelt. Docenten die het gevoel hebben voldoende deskundig te zijn om les te geven in de basisvorming, realiseren in hogere mate een didactiek van authentiek leren, dan zij die dat gevoel minder hebben. Niet alleen leerlingen zijn dus onzeker, maar leraren net zo goed.

In een dieptestudie van Roelofs *et al.* (1999) aan drie brede scholengemeenschappen werd bij een enquête onder 570 leraren en 2900 leerlingen gekeken in hoeverre de didactiek van authentiek leren werd toegepast door leraren. Daaruit bleek dat activiteiten buiten het leerboek om, startend bij individuele interesses en behoeften van leerlingen, slechts weinig voorkomen. Leraren houden zich vooral vast aan het strakke programma van het leerboek. De docenten voeren als argument voor hun huidige lespraktijken aan, dat eerst de basiskennis dient te worden aangebracht alvorens gewerkt kan worden volgens kenmerken van authentiek leren. Als verklaring dat het begrijpelijk is dat authentiek leren tot nu toe nauwelijks wordt gerealiseerd, geven Roelofs *et al.* aan, dat dit mogelijk komt omdat de docenten niet beschikken over de benodigde vaardigheden om een didactiek van authentiek leren vorm te geven. Het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven wil hen daarbij behulpzaam zijn.

Net als leerlingen hebben dus ook leraren last van onzekerheid over hun eigen competentie. Voorbeeldgestuurd lesgeven wil door het bieden van het stappenplan leraren steunen om via de inductieve weg - uitgaand van onzekerheid - volgens de gegeven TVS-karakteristieken van de overheid pedagogisch en didactisch te handelen.

6.4.2 Didactisch handelen in de praktijk volgens de overheid

De Inspectie (2002) stelt in haar verslag vast dat binnen het kwaliteitsbeleid van de scholen het vakdidactisch handelen van leraren niet of nauwelijks een rol speelt. Ongeveer 80 procent van de leraren mist een instantie die hen als leraar helpt om zich te ontwikkelen en die hen inspireert in hun beroep. Voor zover het gaat om vakdidactiek voorzien schoolleiders niet in dit gemis; zij hebben doorgaans weinig zicht op de kwaliteit van de vakdidactiek. In het onderzoek van Van Tienhoven (2000) geeft bijna tweederde van de leraren aan, dat de

schoolleiding niet op de hoogte is van wat er in de klas gebeurt. Leraren functioneren dus vrijwel autonoom wat betreft vakdidactisch handelen.

De Inspectie van het Onderwijs meldt in haar verslag over het jaar 2001 (Inspectie, 2002) dat ze de kwaliteit van het pedagogisch en didactisch handelen in 88 procent van de bijgewoonde lessen positief heeft gewaardeerd. Bij de beoordeling is ze uitgegaan van basale voorwaarden binnen het onderwijsleerproces, zoals: positieve persoonlijke aandacht voor leerlingen, zorg voor een goed werkklimaat, structuur in de opbouw van de les, voldoende kwaliteit in de uitleg en de controle op de voortgang van leerlingen.

In het eerste leerjaar van alle schoolsoorten is de kwaliteit van het pedagogisch en didactisch handelen goed te noemen, constateert de Inspectie. Op het VMBO en HAVO wordt deze minder sterk in het tweede leerjaar. In MAVO-3 en HAVO3-4 houdt deze matige pedagogische en didactische kwaliteit aan. Op alle schoolsoorten hebben leraren van de algemene vakken (exacte vakken, talen, zaakvakken) de meeste moeite met het realiseren van een goed werkklimaat in de klas. Lessen waarin leraren (bijna) uitsluitend frontaal klassikaal lesgeven, vond de Inspectie betrekkelijk vaak van mindere kwaliteit.

In het MAVO (thans VMBO) is het frontaal klassikale lesgeven de dominante werkvorm; deze neemt toe in de loop van de leerjaren 1 tot 4. In de leerjaren 4-5 HAVO en 4-5-6 VWO neemt het zelfstandig werken door leerlingen weliswaar toe, maar de frontaal klassikale aanpak is in het eindexamenjaar van HAVO en VWO in ruim de helft van de lessituaties toch de overwegende didactische werkvorm, constateert de Inspectie in haar verslag over 2001. Het ligt voor de hand, dat er een relatie bestaat tussen de aard van het vak en de daarin toegepaste didactische werkwijze. De frontaal klassikale aanpak is het meest waargenomen in de lessen geschiedenis, vreemde talen en natuurkunde, aldus de Inspectie.

De Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologiebeleid geeft in haar verkenningsrapport over hoe het onderwijs er in 2010 uit zal zien nadrukkelijk aan "dat zij, zeker waar het het funderend onderwijs betreft, geen radicale overgang verwacht van het traditionele naar een nieuw type onderwijs. Wel zal er naast de huidige onderwijspraktijk meer ruimte zijn voor andere opvattingen over kennis, leren, didactiek, leraren en schoolorganisatie, dan in het verleden het geval is geweest" (AWT, 2002). De verwachting is dus dat de traditionele klassikale manier van lesgeven in de basisvorming niet radicaal zal verdwijnen.

Zeker in de basisvorming zal de huidige situatie van klassikaal lesgeven in de toekomst nog veelvuldig gebruikt worden. In de volgende subparagraaf beschrijf ik het ideaalbeeld van didactisch handelen opdat meer meisjes natuurkunde kiezen.

6.4.3 Beschrijving van het ideaalbeeld van didactisch handelen

Onderzoek van Alting (2003) geeft aan wat docenten kunnen doen zodat meer meisjes na de basisvorming natuurkunde kiezen, in de steekwoorden: *nut*, *vertrouwen* en *toegankelijkheid*. Op grond van wat er uit onderzoek en praktijkgegevens al bekend is over wat meisjes aanspreekt, vormt Alting een beeld van de ideale toestand: de *Ideal State*. Zij vergelijkt dit ideaalbeeld met de bestaande onderwijspraktijk: de *Actual State*. Uit het onderzoek blijkt dat er (meer) aandacht moet worden besteed aan het (1) *nut* van natuurkunde in de lessen. Verder moet de docent bij de keuzebegeleiding (2) *vertrouwen* hebben in de capaciteiten van meisjes voor natuurkunde en het vak moet (3) *toegankelijk* zijn voor de leerlingen qua moeilijkheidsgraad, variatie in onderwerpen, orde en structuur. Deze punten licht ik hieronder toe.

De sterkste voorspeller van de keuze van meisjes voor het vak natuurkunde is het (1) *nut* van het vak. Leerlingen die natuurkunde nuttig vonden, praatten significant vaker dan andere leerlingen over opleidingen en beroepen waar natuurkunde voor nodig is, vooral met hun ouders. Leerlingen vonden dat docenten tijdens hun lessen veel meer met voorbeelden moesten komen over het nut van het vak natuurkunde voor later. Het *nut* blijkt bij voorbeeldgestuurd onderwijs uit het starten van de les met voorbeelden uit het dagelijks leven.

De door de docent verwachte keuze voor het vak vormt eveneens een sterke voorspeller van de keuze door meisjes. Die keuze hangt samen met een niet-stereotiep beeld van, of ook (2) *vertrouwen* in, de eigen capaciteiten. De door Alting onderzochte meisjes kozen vaker natuurkunde naarmate zij aangaven een positief advies te hebben gehad van hun docent natuurkunde. Docenten natuurkunde zouden op zijn minst aan meisjes, met voldoende of betere resultaten in de natuurkunde, kunnen vertellen dat zij op grond van hun prestaties het vak natuurkunde en/of exact technische sector kunnen kiezen. Dit advies zou vergezeld kunnen gaan van informatie over vervolgoedingen en beroepen waar natuurkunde voor nodig is, maar niet van een gesprek over de toekomstplannen van de meisjes in het algemeen. Praten over de toekomstplannen in het algemeen zou te veel uitmonden in het meegaan in de mogelijkheden die een meisje voor zichzelf ziet, zonder dat informatie wordt geboden over mogelijke aantrekkelijke alternatieven waar zij nog niet bij stil heeft gestaan, aldus Alting. Het *vertrouwen* blijkt bij voorbeeldgestuurd onderwijs door het lesgeven vanuit de onzekerheid van de leerling. De inductieve denkrant zorgt daarvoor. Bovendien krijgen onzekerheden volle aandacht bij de discussie in de verduidelijkingsdialoog. Zowel in de discussie met medeleerlingen als met de leraar.

Door de presentaties van de leerstof komt onder andere de (3) *toegankelijkheid* tot uiting: variatie in de leerstofonderdelen die een brede, oriënterende aanpak impliceert, een goed op de capaciteiten van de leerlingen afgestemde moeilijkheidsgraad van de leerstof, ook tot uiting komend in gemak als kenmerk van het klasklimaat 'de meeste leerlingen vinden natuurkunde gemakkelijk', en geen selecterend proefwerk vlak voordat de keuze moet worden gemaakt. Verder verdient het aanbeveling af te zien van een te eenzijdige, diepgaande en op selectie gerichte behandeling van natuurkunde in het tweede leerjaar, het gebruiken van de

wiskundecijfers als indicator voor toekomstig succes in natuurkunde en het gebruiken van een helder gestructureerd, qua taalgebruik en illustraties niet stereotyperend, leerling-gericht leerboek. Op schoolniveau zouden maatregelen genomen moeten worden om negatieve effecten van storend gedrag van jongens op waardering van meisjes voor natuurkunde tegen te gaan. De *toegankelijkheid* bij voorbeeldgestuurd onderwijs blijkt uit de transfer van kennis met eerder opgedane ervaringen waarmee de nieuwe leerstof wordt vergeleken.

Bovenstaande punten: *nut, vertrouwen en toegankelijkheid* gelden als aanbevelingen van wat leraren kunnen doen zodat meer meisjes natuurkunde gaan kiezen. In voorbeeldgestuurd lesgeven zijn de drie genoemde punten nadrukkelijk aanwezig. Ook voor andere vakken zullen deze aanbevelingen het didactisch handelen van leraren positief beïnvloeden. De docent neemt bij klassikaal lesgeven een centrale plaats in, die ik in de volgende paragraaf bespreek.

6.5 Centrale rol van de docent bij het lesgeven

Bij klassikaal lesgeven heeft de docent een centrale rol. De interactie tussen leraar en leerlingen neemt daarbij een belangrijke plaats in. In 6.5.1 bespreek ik dat de interactie van leraar en leerling vaak - onbedoeld - genderafhankelijk is. Leraren laten zich misleiden door de onzekerheid van meisjes. In de vorige hoofdstukken bleek al dat meisjes zich zekerder voelen als er wordt lesgegeven volgens de inductieve denkrant. Bij leraren, die een denkniveau hoger de deductieve denkrant beheersen, ontstaat bij inductief lesgeven het gevoel 'van achteren naar voren' les te moeten geven. Dit gevoel, de anti-didactische inversie, wordt overwonnen door het stappenplan aan te houden. In 6.5.2 bespreek ik hoe het stappenplan leraren zekerheid geeft, hetgeen hun competentiegevoel verhoogt. Vervolgens bespreek ik in 6.5.3 hoe ordeverstoringen bij voorbeeldgestuurd onderwijs kunnen worden omgebogen tot een wezenlijk onderdeel van het leren van de leerling. Dit versterkt het verhoogde competentiegevoel van de leraar, waardoor de kwaliteit van het didactisch handelen toeneemt.

6.5.1 Genderafhankelijke interactie tussen leraar en leerlingen

De interactie tussen leraar en leerlingen staat bij lesgeven centraal. In het emancipatierapport 'Een kristal van kansen' (MinOCenW, 1998) staat te lezen: "Er moet een cultuuromslag bij docenten komen om te leren omgaan met individuele verschillen, zeker ook sekseverschillen."

Het sekseverschil wordt soms versterkt door de docenten. "Taal - in de zin van communicatie tussen leerkracht en leerling - blijkt cruciaal", zo vonden Dolle-Willemsen en Verbiest (1999). "Tot verbazing en soms ook ontzetting van de leerkrachten, die menen meisjes en jongens gelijk te behandelen, blijkt er in de klas behoorlijk onderscheid te worden gemaakt. Meisjes laten ze meer feitenvragen beantwoorden 'Wanneer brak de revolutie uit?' Jongens krijgen

doordenkertjes: 'Waarom brak de revolutie uit?' Daarbij maken leerkrachten vaker oogcontact met jongens; ze luisteren meer naar jongens en ze knikken hen vaker bemoedigend toe. Dit alles zonder dat ze zich daarvan bewust zijn." Meisjes en jongens ontwikkelen zich in hoge mate naar het verwachtingspatroon van de docenten. De argeloze leerkracht trekt uit het *lekenrepertoire* van een meisje en het *deskundigenrepertoire* van een jongen snel de conclusie dat jongens weten waar ze over praten (Volman, 1995). Bij de wet van Ohm noemen meisjes het lampje bijvoorbeeld 'dat dingetje' in plaats van weerstand, want ze beheersen de nieuwe stof nog niet. Zelfs broer en zus uit een zelfde gezin zitten in een verschillende sociale wereld die hun toekomstverwachting bepaalt. Dat vloeit voort uit socialisatie, de latente en manifeste beïnvloeding door het geheel van maatschappelijke omgevingsfactoren op de persoonsontwikkeling van de mens. Toch is het draagvlak voor het serieus nemen van sekseverschillen als belangrijk onderwerp binnen het onderwijs nog beperkt. Dat komt omdat de gedachtegang van de meeste docenten is "ik behandel jongens en meisjes gelijk". Daardoor staat sekseverschil niet hoog op de agenda genoteerd in de discussie over gewenste pedagogisch-didactische aanpak.

Hieronder geef ik een eigen observatie als voorbeeld. Tijdens een les natuurkunde aan een groep studenten beantwoordde de mannelijke docent vragen. De meisjes werkten samen aan de opgaven en ook een aantal jongens had een groepje gevormd. De studenten werkten aan een opgave over elektrische en magnetische krachten. Onder invloed van die krachten kunnen draadramen gaan draaien. Draadramen bestaan uit een rechthoekige draad waardoor een elektrische stroom loopt. De docent legde het draaien uit met behulp van de zogenaamde *Bil-formule*. Eerst aan het groepje meisjes en een half uur later aan het groepje jongens. De structuur van het gesprek bij de uitleg aan de meisjes verliep ongeveer als volgt. "Je moet je dit ruimtelijk voorstellen," sprak de docent. Hij verduidelijkte het figuur in het boek en had een paar handen te kort om dat goed te doen. "Dit stuk is niet interessant. Dat is geen veroorzaker van het draaien. Laten we eerst een gemakkelijker situatie bekijken, dit is al een moeilijke." Hij besprak nog eens de theorie uit het boek. "Klinkt ingewikkeld. Je moet het ruimtelijk zien, dat is nog ingewikkelder, met al die vlakken. Nooit stereo gehad? Dan is het moeilijk in te zien. Het is ook een ingewikkelde regel, de Bil-formule." Een half uur later legde de docent dezelfde opgave uit aan de jongens, zonder één keer het woord moeilijk of ingewikkeld uit te spreken. De uitleg aan de jongens leek eerder op een discussie met gelijkwaardige partners.

Tijdens de nabespreking attendeerde ik de mannelijke docent er op dat hij bij de uitleg aan de meisjes vijf maal het woord *moeilijk* had gebruikt en bij de uitleg aan de jongens geen enkele keer. Daar keek hij verbaasd van op. Zijn verschil in houding naar de meisjes - moeilijk/moeilijk - en naar de jongens - gelijkwaardig - verklaarde hij na enig doorpraten, licht blozend, dat een vak als natuurkunde toch ook niets voor meisjes was. "Dat hebben vrouwen toch niet nodig? Exactheid is iets voor mannen." Die docent was zelf verbaasd over zijn eigen uitspraak. Het verschil in lesgeven aan meisjes en jongens blijkt bij docenten onbedoeld wel degelijk aanwezig te zijn, zeker bij exacte vakken zoals natuurkunde en wiskunde.

In 1989 startte echter op het Coornhert Lyceum in Haarlem een proef met aparte meisjes- en jongensklassen voor het vak wiskunde, om uit te sluiten dat er bij de exacte vakken gedifferentieerd werd naar gender. Het eindrapport van deze proef van Van Eck (1994) vermeldt als voordelen, dat meisjes in een ongemengde groep meer vragen durven te stellen en dat jongens sneller door de stof kunnen. Als nadeel staat vermeld, dat in de klas met alleen meisjes de *slimme vragen* van de jongens gemist werden. Deze conclusie wordt door veel mensen bestreden, omdat uit andere onderzoeken niet blijkt dat meisjes minder slim zijn in wiskunde dan jongens. De bedoeling was om met het project aan te tonen dat meisjes beter in wiskunde zouden presteren als ze ook eens alle aandacht van de docenten kregen.

Mijns inziens is extra aandacht krijgen alleen niet voldoende om onderwijs in de exacte vakken meisjes te laten aanspreken. Het gaat er om de vragen niet op te delen in de schadelijke binaire oppositie van *slimme/domme vragen*, maar of er op een zodanige manier wordt lesgegeven dat meisjes hun vragen durven te stellen. Wil je *slimme vragen* krijgen van meisjes, dan moet je lesgeven op een manier dat ze hun onzekerheid overwinnen. Dan krijgen de meisjes meer zelfvertrouwen en komen ze vanzelf met spontane reacties en met meer en *slimmere vragen*. Vragen worden dan niet gesteld door leerlingen die iets niet begrijpen, maar door leerlingen die aan het zoeken zijn naar de mogelijkheden en onmogelijkheden van de te leren grote lijnen. Het stellen van vragen wordt dus gehaald uit de sfeer van *dom en niet begrijpen*. Vanuit de onzekerheid van de leerling worden spontane associaties van de leraar gevraagd, om die met de te leren stof te vergelijken. Een leraar geeft dus niet alleen zelf voorbeelden, maar moet ook samen met de leerlingen overeenkomsten en verschillen zoeken van de voorbeelden die voortkomen uit hun spontane associaties. Leerlingen krijgen dus de kans aan de hand van hun individuele voorbeelden te leren. Onafhankelijk van hun gender.

De leraar kan dus niet de les van tevoren geheel voorbereiden, want zij moet ook de spontane voorbeelden van de leerlingen bespreken. Het stappenplan biedt de leraar daarbij houvast.

6.5.2 *Stappenplan geeft de leraar een gevoel van competentie*

Vaak is verondersteld dat het handelen van leraren door bewuste processen wordt gestuurd (Clark en Peterson, 1986; Corporaal, 1988). Vanuit de veronderstelling van bewuste processen vindt kennisoverdracht aan leraren-in-opleiding veelal volgens de aloude deductieve denkrant plaats (Dolk, Korthagen en Wubbels, 2000). De belangrijkste bezwaren die daaraan kleven zijn (Korthagen, 1998) het gebrek aan transfer van de onderwijstheorieën naar de praktijk en het modellerende effect van de opleiding. Uit gebrek aan transfer van onderwijstheorieën naar de praktijk blijkt al, dat ook voor leraren de deductieve manier van les krijgen niet de optimale is. Het modellerende effect van hun opleiding zorgt ervoor dat leraren op dezelfde manier gaan lesgeven. Door de ervaring die leraren als leerling hebben ondervonden met de deductieve lesvolgorde, geven ze zelf veelal ook weer deductief les, hetgeen dus bij voorbeeldgestuurd onderwijs bewust doorbroken dient te worden.

Het lesgeven volgens de inductieve denkrant keert de lesrichting om door te beginnen met voorbeelden en van daaruit de grote lijnen af te leiden. Dit omdraaien van de lesvolgorde noemde Freudenthal (1987) anti-didactische inversie (zie 3.4.4). Bij het omdraaien van de lesvolgorde wordt niet uitgegaan van de zekerheid van de leraar, maar van de onzekerheid van de leerling. De leraar moet dus haar eigen zekerheid als uitgangspunt loslaten. Dat moet de leraar durven.

Uit onderzoek van Oosterheert, Vermunt en Veenstra (2002) bleek dat de meeste leraren-in-opleiding niet *vanzelf* kunnen gaan lesgeven, maar dat lesgeven geleerd moet worden. Net zoals de kennisconstructieprocessen van leerlingen de aandacht moeten krijgen, moeten de kennisconstructieprocessen van leraren-in-opleiding de aandacht krijgen. Het bleek dat voor een leraar-in-opleiding de actuele manier van leren gerelateerd is aan individuele verschillen in lesgeven. Sommige studenten zullen, om de opleidingsdoelen te bereiken, zelfs moeten leren anders te leren, aldus Oosterheert *et al.* In paragraaf 4.9.3 heb ik aangetoond dat voorbeeldgestuurd onderwijs met behulp van het stappenplan aansluit bij de grote diversiteit aan leerstijlen en daarbij sturend optreedt om te komen tot een betekenisvolle manier van leren. Binnen de drielagen-structuur helpt het stappenplan de individuele student (onderste laag) de leerstijlen (de middelste laag) bij te sturen om te leren (de bovenste laag). Analooch werkt het stappenplan van voorbeeldgestuurd onderwijs de individuele leraar (onderste laag) de manieren van lesgeven te leren (middelste laag) om goed les te geven (bovenste laag). De drielagen-structuur kan gebruikt worden bij elk soort leren, dus ook bij leren lesgeven. Bij het bespreken van het stappenplan van de lesmethode in hoofdstuk 4 heb ik aangetoond dat de leermethode de leerling zelfvertrouwen geeft en daardoor leerlingen met een diversiteit aan leerstijlen stuurt naar de betekenisvolle leerstijl. Analooch geeft het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven de leraar het zelfvertrouwen om uit te gaan van zijn eigen onzekerheid en dus bij het lesgeven uit te gaan van de inductieve denkrant.

Door het houvast van het stappenplan van voorbeeldgestuurd onderwijs durft de leraar, door acceptatie van de eigen onzekerheid, de anti-didactische inversie toe te passen bij het lesgeven. Daardoor ontplooit de leraar didactische en pedagogische activiteiten die voldoen aan de aanbevolen TVS-karakteristieken, waardoor de kwaliteit van didactisch handelen toeneemt. Dat het uitvoeren van het stappenplan ook de orde in de klas doet toenemen, bespreek ik in de volgende subparagraaf.

6.5.3 *Ordeverstoringen ombuigen naar spontaan leren*

De kwaliteit van lesgeven wordt vaak afgemeten aan de mate waarin de docent orde heeft. Boekaerts (1991b) stelde dat leren in klassenverband veel te lang werd gezien als een kennisoverdrachtproces, waardoor het gedragsveranderingsaspect op de achtergrond bleef. Docenten gingen er stilzwijgend van uit dat de leerlingen gedragscontrole-technieken beheersten, zoals dat leerlingen zichzelf kunnen motiveren, hun inzet bewaken, hun leerresultaten attribueren aan de juiste oor-

zaken, zichzelf belonen of berispen, sociale steun verwerven, enzovoort. Dit is echter niet het geval. Een aantal positieve resultaten van gecombineerde trainingsprogramma's, waarin zowel de cognitieve als de sociaal-emotionele aspecten van het leerproces worden betrokken wil ik hier bespreken. Borkowski en Krause (1985), Schunk (1990), en Vauras en Lehtinen (1991) lieten duidelijk zien dat wanneer trainingsprogramma's zo worden opgezet dat gelijktijdig aandacht wordt besteed aan het aanleren, bewaken en controleren van oplossingsstrategieën (metacognitieve vaardigheden) en het bewaken van motivatie, leerlingen meer gemotiveerd en vooral vaardiger worden in het probleemoplossen. Als baby waren de leerlingen experts in het spontane leren. Deze capaciteit neemt later af omdat kinderen *leren* gelijkstellen aan *begeleid leren*. Hoe meer leerlingen erin slagen spontaan te blijven leren, des te beter het is.

Bij traditioneel klassikaal onderwijs verwacht de docent bij een goed voorbereide les binnen een gegeven tijd een bepaalde hoeveelheid leerstof te behandelen. De docent wil dit doen met behulp van een goede lesopbouw en bordgebruik. De lesstof wordt dan voor de leerlingen overzichtelijk gebracht en komt daardoor ook overzichtelijk in hun schriften. De lijn van het betoog zoals de docent die heeft voorbereid, wordt verstoord door spontane reacties van leerlingen. Zij gaat uit van kennis die zeker is en van tevoren vastligt: de deductieve manier van lesgeven. Voorbeeldgestuurd onderwijs maakt daarentegen gebruik van de inductieve denktrant van lesgeven door te starten met voorbeelden uit het dagelijks leven die de leerlingen begrijpen. De spontane associaties van leerlingen vormen daarbij een wezenlijk onderdeel van de les en de zelfgeproduceerde voorbeelden worden bediscussieerd op overeenkomsten en verschillen. De houding van de leraar verandert dus van 'frontaal auditief lesgeven van de geheel vastliggende les waarbij orde moet worden gehouden' naar het 'geven van voorbeelden uit de praktijk en het bespreken van de spontane reacties en voorbeelden die de leerlingen aandragen'. De reacties worden bij voorbeeldgestuurd lesgeven dus niet ervaren als ordeverstoringen, maar als onderdeel van spontaan leren door de leerlingen. Dit verhoogt het competentiegevoel van de leraar. Volgens Roelofs en Houtveen (1999; zie 6.4.1) is het competentiegevoel de belangrijkste factor om de aanbevolen didactische activiteiten te ontplooiën en de kwaliteit te verhogen.

Bij voorbeeldgestuurd onderwijs vormen spontane reacties van de leerlingen een wezenlijk onderdeel van de methode en worden daardoor niet als ordeverstoringen ervaren. Dit verhoogt het competentiegevoel van de leraar, waardoor de kwaliteit van het pedagogisch en didactisch handelen toeneemt. Voorbeeldgestuurd onderwijs is dus een prima klassikaal te gebruiken lesmethode. In de volgende paragraaf vergelijk ik voorbeeldgestuurd onderwijs met een nieuwe vorm van leren die geen gebruik maakt van klassikaal onderwijs.

6.6 Overzicht van probleemgestuurd onderwijs (PGO)

In het huidige onderwijs zijn er verschillende vormen van nieuw leren ontstaan (AWT, 2002), zoals competentiegericht onderwijs, projectgericht onderwijs en probleemgestuurd onderwijs. Deze vormen van nieuw leren hebben als kenmerk

de omkering die plaatsvindt van docentgestuurd naar vraaggestuurd leren. Daardoor laten deze vormen van onderwijs de klassikale lessituatie los. Deze vormen van het nieuwe leren wil ik graag vergelijken met voorbeeldgestuurd onderwijs dat wel te gebruiken is in de klassikale lessituatie. Door de overeenkomst van de uitvoering in sprongen van probleemgestuurd onderwijs en de stappen van voorbeeldgestuurd onderwijs vergelijk ik in de komende paragrafen deze beide onderwijsvormen. Eerst bespreek ik in 6.6.1 de historie van probleemgestuurd onderwijs, daarna in 6.6.2 de uitgangspunten en vervolgens in 6.6.3 de praktijk.

6.6.1 Historie van probleemgestuurd onderwijs

Bij probleemgestuurd onderwijs is het startpunt van het leren een *probleem*. Dat is niets nieuws als je naar de historie van onderwijskunde kijkt. Zo'n 400 jaar voor Christus gebruikte Socrates bij het onderwijs al de dialoog. In het begin van de negentiende eeuw schreef Marcet (1809) een leerboek waarin de toenmalige scheikunde systematisch werd behandeld in 26 *conversations*. Deze conversaties werden gevoerd tussen een mooie elegante dame Mrs. B en twee meisjes van 12 en 13 jaar: Emily, leergierig en intelligent en Caroline, laaiig en brutaal. Dit leerboek was een succes in Engeland en Amerika (Offereins, 1996). In het begin van de twintigste eeuw stelde de Amerikaanse onderwijskundige Dewey (1902, 1929) in zijn onderwijstheorie de praktische bruikbaarheid van het geleerde voorop. Dewey ontwikkelde een *projectgestuurd curriculum* waarbij de intrinsieke motivatie van de leerling werd verhoogd door constructieve activiteiten. Zijn uitgangspunt was, dat zonder intrinsieke motivatie geen betekenisvol leren zou kunnen plaatsvinden. Het curriculum moest leerling-gericht zijn, waarbij leraren leerlingen niet moesten onderwerpen maar moesten onderwijzen.

Halverwege de twintigste eeuw was Bruner (1961, 1966) de initiator van *ontdekkend leren* in het onderwijs. Ontdekkend leren confronteert studenten met problemen, die ze vervolgens trachten op te lossen door middel van discussie met leeftijdsgenoten. Volgens Bruner (1961) leidt ontdekkend leren tot een dieper inzicht in de werkelijkheid, geeft het de gelegenheid cognitieve vaardigheden te oefenen, bevordert het de intrinsieke motivatie tot leren en stimuleert het leren van informatie die betekenisvol is en daardoor beter wordt onthouden.

In 1972 verscheen het boek *'Freedom to learn'* van de psychotherapeut Rogers, waarin *studentgericht leren* centraal werd gesteld. In het begin was de probleemgerichte aanpak vooral bedoeld om de intrinsieke motivatie te verhogen van de medische studenten (Barrows, 1971), maar later pleitte de onderwijsvernieuwer Barrows (1980) ervoor, met deze aanpak niet alleen kennis te vergaren maar ook te leren redeneren en problemen op te lossen. Met dit studentgericht leren als uitgangspunt, voerde de McMaster Universiteit een radicale onderwijskundige vernieuwing door (Mustard *et al.*, 1982). Kenmerkend voor het onderwijs op McMaster was het werken in kleine groepen, een sterke nadruk op zelfwerkzaamheid, een leven lang leren, het gebruik van talrijke informatiebronnen en samenhangende vakinhoud. Een aanvankelijke theorie, tot

stand gekomen op basis van de bestaande kennis van de studenten, werd getoetst aan de bestaande literatuur en gaandeweg werden de originele opvattingen herzien. De aandacht verschoof op deze manier van het 'leren van de inhoud' naar het 'proces van informatieverwerking'. Aan de hand van probleemgestuurd leren vond een *theorieconstructie* plaats op de manier zoals een wetenschappelijk onderzoeker leert.

6.6.2 Processen van probleemgestuurd onderwijs

De uitgangspunten van probleemgestuurd onderwijs zijn gebaseerd op twee in het onderwijs gesignaleerde problemen (Schmidt en Moust, 1998). Het eerste probleem is dat de dominante onderwijsaanpak - de les, het college - in allerlei opzichten niet goed aansluit bij de individuele talenten en behoeften van studenten. De veronderstelling is dat dit komt omdat de studenten te weinig actief en persoonlijk betrokken zijn bij wat ze leren. Vandaar dat probleemgestuurd onderwijs de nadruk legt op werken in kleine groepen, waarbij iedere student verantwoordelijk is voor zijn eigen leren en voor het gebruik van gevarieerde leermiddelen. Het tweede gesignaleerde probleem is, dat studenten niet goed in staat zijn om de geleerde kennis daadwerkelijk toe te passen waar en wanneer dat nodig is. Dit fenomeen wordt wel de *competentie-prestatie-paradox* genoemd: mensen beschikken wel over de competenties of bekwaamheden, maar zijn niet in staat deze te demonstreren als ze een relevante taak moeten uitvoeren. Dit zou komen omdat ze te weinig gelegenheid krijgen hun kennis toe te passen op levensechte situaties.

Op grond van bovenstaande gesignaleerde problemen heeft probleemgestuurd onderwijs tot doel de volgende cognitieve processen in studenten teweeg te brengen (Schmidt en Moust, 1998).

- Activeren van voorkennis. De analyse van een probleem stimuleert het terughalen van reeds eerder geleerde kennis. Voorkennis vergemakkelijkt het begrijpen van nieuwe informatie.
- Elaboratie van voorkennis. Door de discussie in de onderwijsgroep, zowel voorafgaand aan de opname van de nieuwe kennis, als nadat de nieuwe kennis is verworven, bewerken de studenten de nieuwe informatie actief. De elaboratie van voorkennis verrijkt de semantische kennisstructuren die verder ontwikkeld worden. Dit vergemakkelijkt het terughalen van kennis op een later tijdstip.
- Herstructurering van kennis. Constructie van een adequate theorie in de vorm van een rijk semantisch netwerk, zodat die past op het probleem dat gepresenteerd wordt, waardoor herstructurering van kennis plaatsvindt.
- Leren in een context. Het probleem fungeert als een raamwerk voor het ontstaan van terugzoekpaden in het geheugen, die het terughalen van relevante kennis ondersteunen wanneer dit noodzakelijk is voor het oplossen van gelijksoortige problemen.
- Studenten nemen de onderwerpen die ze moeten bestuderen als relevant waar.

- Verbogen van de intrinsieke motivatie. Aangezien de studenten zelf verantwoordelijk zijn voor wat ze leren en hoe ze dat doen, neemt de intrinsieke motivatie toe. De intrinsieke motivatie wordt eveneens bevorderd door de discussie over de problemen, omdat studenten zich daardoor bewust worden van het gat tussen wat ze weten en wat ze zouden moeten weten.

6.6.3 Praktijk van probleemgestuurd onderwijs

In Nederland heeft vooral de Universiteit Maastricht praktijkervaring met probleemgestuurd onderwijs. Probleemgestuurd onderwijs is sinds 1974 het kenmerk, eerst van de Medische Faculteit en later van de hele Universiteit Maastricht. Bij de Universiteit Maastricht wordt het onderwijs in blokken van een week of 6 ingedeeld. Tijdens deze weken komt een onderwijsgroep, die bestaat uit 10 studenten en een tutor, tweemaal twee uur per week samen om de problemen te bespreken die gebundeld zijn in een blokboek. In iedere onderwijsgroepsbijeenkomst worden twee activiteiten ondernomen: de analyse van nieuwe problemen en de uitwisseling van informatie die de studenten door zelfstudie verworven hebben. De bijeenkomsten worden geleid door een studentgespreksleider. De rol van gespreksleider wordt door alle studenten bij toerbeurt vervuld.

De aard van de discussie die de studenten voeren, kan worden omschreven als theorieconstructie. Dit lijkt op de manier waarop wetenschappelijke onderzoekers een probleem trachten te begrijpen. De studenten produceren hypothesen die het probleem trachten te verklaren. Wanneer de studenten over het probleem discussiëren, bouwen ze een mentaal model op van de beschreven situatie. Dit is een proces van kennisconstructie. Opgenschijnlijk lijkt het een chaotische situatie, maar de studenten bespreken een probleem op systematische wijze met behulp van een specifieke procedure die de zevensprong wordt genoemd. In de volgende paragraaf vergelijk ik de zeven sprongen van probleemgestuurd onderwijs met het stappenplan van voorbeeldgestuurd onderwijs.

6.7 Overeenkomsten tussen voorbeeldgestuurd onderwijs en PGO

De zeven sprongen van probleemgestuurd onderwijs zijn:

- 6.7.1 Sprong 1: verhelder onduidelijke begrippen,
- 6.7.2 Sprong 2: definieer het probleem,
- 6.7.3 Sprong 3: analyseer het probleem,
- 6.7.4 Sprong 4: diep samenhangende ideeën systematisch uit,
- 6.7.5 Sprong 5: formuleer leerdoelen,
- 6.7.6 Sprong 6: bestudeer zelfstandig de stof,
- 6.7.7 Sprong 7: rapporteer en integreer de nieuwe informatie.

In iedere subparagraaf leg ik eerst een sprong van het probleemgestuurd onderwijs uit. Daarna bezie ik de stap van voorbeeldgestuurd lesgeven aan de hand van het

voorbeeld van de wet van Ohm, en vervolgens vergelijk ik de sprong met de overeenkomstige stap van voorbeeldgestuurd lesgeven. De verschillen tussen probleemgestuurd onderwijs en voorbeeldgestuurd onderwijs komen in de volgende paragraaf aan de orde.

6.7.1 Sprong 1: verhelder onduidelijke begrippen

Sprong 1 van probleemgestuurd onderwijs is het verhelderen van termen en begrippen. De onduidelijke termen en begrippen van het probleem moeten aan het eind van deze sprong voor alle leden van de groep helder zijn. Zo nodig moeten de verschillende gebeurtenissen die in het probleem worden beschreven in kaart worden gebracht.

In het voorbeeld van de wet van Ohm moeten bij stap 1 van voorbeeldgestuurd lesgeven de gebruikte begrippen worden genoemd en eventueel verduidelijkt. De belangrijke grootheden worden weergegeven met hun afkorting en met de eenheid waarin ze worden uitgedrukt. Het gaat bij de wet van Ohm over de spanning, afgekort met een U en uitgedrukt in Volt; de stroomsterkte I in Ampère en de weerstand R in Ohm. Zonodig kan het plaatsen van de spanningsmeter en stroomsterktemeter in de stroomkring worden uitgelegd. De spanningsmeter geeft het verschil in spanning over de polen van de spanningsbron en de stroomsterktemeter meet de stroom die door de stroomkring loopt.

Bij stap 1 van voorbeeldgestuurd onderwijs moeten de feiten uit de onderste laag van informatieoverdracht worden genoemd en beschreven. Hiermee ligt het gebied van de werkelijkheid dat beschouwd wordt vast, het *Universe of Discourse*. Stap 1 van voorbeeldgestuurd lesgeven komt overeen met de sprong 1 van probleemgestuurd onderwijs: verhelder de termen en de begrippen.

6.7.2 Sprong 2: definieer het probleem

Sprong 2 van probleemgestuurd onderwijs is het definiëren van het probleem. De vraag staat centraal welke verschijnselen verklaard moeten worden in het beschreven probleem.

Bij de behandeling van de wet van Ohm worden bij stap 2 van voorbeeldgestuurd lesgeven voorbeelden verzameld. Bij het eerste voorbeeld sluiten we het lampje aan op de batterij en meten de spanning en de stroom. Daarna nemen we nog zo'n lampje en plaatsen dat ook in de stroomkring. Deze proef kunnen we herhalen met twee batterijen. We hebben nu een aantal verschillende meetresultaten en plaatsen dit in een duidelijk overzicht op het bord.

Bij stap 2 van voorbeeldgestuurd lesgeven worden binnen het *Universe of Discourse* de voorbeelden beschreven. Deze stap is te vergelijken met de sprong 2 van probleemgestuurd onderwijs: definieer het probleem.

6.7.3 Sprong 3: analyseer het probleem

Sprong 3 van probleemgestuurd onderwijs is het analyseren van het probleem. Van de leden van de onderwijsgroep worden alle ideeën die een verklaring kunnen geven voor de verschijnselen kort en krachtig geïnventariseerd. De studenten analyseren welke ideeën en veronderstellingen zij hebben over het probleem. Het doel van deze sprong is het activeren van voorkennis. De ideeën die tijdens deze *brainstorm* naar voren komen, noteert een van de studenten op het bord.

Bij het voorbeeld van de wet van Ohm worden bij stap 3 van voorbeeldgestuurd lesgeven de verzamelde voorbeelden in het overzicht vergeleken. De leerlingen vergelijken de meetresultaten op overeenkomsten en verschillen om de regelmaat zelf te vinden. Bij het zoeken naar de regelmaat worden tijdens een discussie de overeenkomsten en de verschillen besproken, om duidelijk naar voren te laten komen dat de resultaten van de voorbeelden voldoen aan hun verwachting.

Bij stap 3 van voorbeeldgestuurd lesgeven worden de voorbeelden bekeken, de verschijnselen besproken en de essentie genoteerd. Dat komt overeen met sprong 3 van probleemgestuurd onderwijs: analyseer door de verschijnselen van het probleem te inventariseren en te verklaren.

6.7.4 Sprong 4: diep samenhangende ideeën systematisch uit

Sprong 4 van probleemgestuurd onderwijs is het clusteren van samenhangende ideeën om deze vervolgens systematisch uit te diepen. Dat gebeurt op basis van wat studenten uit de voorkennis weten of menen te kunnen verklaren uit de verschijnselen of gebeurtenissen.

Bij het voorbeeld van de wet van Ohm wordt in stap 4 van voorbeeldgestuurd lesgeven de gevonden regelmaat van de overeenkomsten en de verschillen van de meetresultaten als grote lijnen weergegeven. In de natuurkunde is het gebruikelijk de grote lijn op te schrijven in formulevorm. Tijdens het zoeken van de regelmaat door het vergelijken van de meetresultaten wordt nadrukkelijk nagegaan dat de veranderingen in het voorbeeld niet verrassend zijn, maar logisch. Zelfs bij zo'n eenvoudige wet als de wet van Ohm zal menige leerling toch moeite hebben zich er een mentale voorstelling van te maken. Indien de leerlingen de regelmaat zelf niet gemakkelijk onder woorden kunnen brengen, is het wellicht voor hen een goede hint om de resultaten op het bord aan te vullen met een kolom waarin de uitkomst van de te vinden formule staat. De regelmaat kan daarmee, ook als deze minder voor de hand ligt, door de leerling zelf worden gevonden.

Bij stap 4 van voorbeeldgestuurd lesgeven wordt de regelmaat van de voorbeelden door de leerling dus als grote lijnen weergegeven. De regelmaat greift de samenhangende ideeën van de verzamelde voorbeelden weer. Stap 4 van voorbeeldgestuurd lesgeven is derhalve te vergelijken met de sprong 4 van probleemgestuurd onderwijs: werk samenhangende ideeën systematisch uit.

6.7.5 Sprong 5: formuleer leerdoelen

Sprong 5 van probleemgestuurd onderwijs is het formuleren van leerdoelen. Leerdoelen zijn vragen die na de discussie in de onderwijsgroep onbeantwoord zijn gebleven en nadere studie vereisen. De bedoeling hierbij is dat de groep afspraken maakt over wat ieder voor zich voor de volgende bijeenkomst gaan bestuderen, door te bepalen wat ze wel en niet weten of wat tegenstrijdig blijkt te zijn.

Bij het voorbeeld van de wet van Ohm moeten in stap 5 van voorbeeldgestuurd lesgeven meerdere relevante voorbeelden gegeven worden. Een tweede voorbeeld, de gevonden grote lijn van de wet van Ohm bij gelijke spanning uit het stopcontact zoals de leerling thuis ervaart, is zeker op zijn plaats om te toetsen of die ook aan de gevonden grote lijn voldoet. Dat leidt uiteindelijk tot vertrouwen in de juistheid van de gevonden grote lijn, de formule: $U = I \times R$. Deze formule is handig bij de opgaven die gemaakt gaan worden, vandaar dat je hem uit je hoofd zou kunnen leren. Maar nodig is dat niet, want als je logisch nadenkt, kan je de formule zo weer bedenken. De docent geeft de gevonden formule ongetwijfeld op als huiswerk om voor de volgende les te bestuderen en zal deze dus zien als leerdoel.

Stap 5 bij voorbeeldgestuurd lesgeven geeft als leerdoelen de grote lijnen van de informatie. Stap 5 is te vergelijken met sprong 5 van probleemgestuurd onderwijs: het formuleren van leerdoelen. Het verschil, dat bij probleemgestuurd onderwijs de studenten zelf de leerdoelen bepalen en bij voorbeeldgestuurd onderwijs de leraar, bespreek ik in 6.8.

6.7.6 Sprong 6: bestudeer zelfstandig de stof

Sprong 6 bij probleemgestuurd onderwijs is zelfstudie. Tijdens zelfstudie zoekt iedere student de afgesproken aanvullende informatie over de geformuleerde leerdoelen.

In stap 6 van voorbeeldgestuurd onderwijs worden de overeenkomsten en verschillen van alle voorbeelden besproken die voldoen aan de grote lijn. In de eerste voorbeelden ging de stroom door beide lampjes na elkaar en gold de wet van Ohm. In het tweede voorbeeld kon de stroom kiezen tussen of door de ene lamp te gaan of door de andere lamp. De lampen waren niet achter elkaar geschakeld, maar parallel, naast elkaar. Ook nu bleek de wet van Ohm te gelden. In de eerste overeenkomende voorbeelden en in de tweede verschillende voorbeelden geldt de wet van Ohm. Daarnaast kunnen tijdens deze stap nog overeenkomsten en verschillen gezocht worden van andere stromen, zoals een stroom mensen die door een deur naar buiten willen. Indien de stroom mensen door twee deuren achter elkaar moet of door twee deuren naast elkaar, geeft dit een volstrekt ander beeld. Tijdens de verduidelijkingsdialoog aan de hand van

voorbeelden uit het dagelijks leven wordt de lesstof rond het leerdoel aanvullend bestudeerd.

Bij stap 6 van voorbeeldgestuurd lesgeven wordt gekeken naar de overeenkomsten en verschillen van de voorbeelden op de geformuleerde grote lijn. Alle mogelijke veronderstellingen binnen de randvoorwaarden, waaronder de formule wel en niet geldt, worden bekeken en tevens wordt naar aanvullende voorbeelden gezocht uit het dagelijks leven. Stap 6 is ten dele te vergelijken met de sprong 6 van probleemgestuurd onderwijs: studie waarbij tegenstrijdigheden moeten worden opgezocht. Dat tijdens deze sprong ook door zelfstudie eventuele nieuwe informatie wordt opgezocht, is een verschil dat ik, zoals aangekondigd, bespreek in de volgende paragraaf 6.8.

6.7.7 Sprong 7: rapporteer en integreer de nieuwe informatie

Sprong 7 van probleemgestuurd onderwijs is het rapporteren en integreren van de nieuwe informatie. Met de groep wordt besproken wat iedere student tijdens de zelfstudie gevonden heeft. Hoofd- en bijzaken worden onderscheiden en structuur wordt aangebracht in de informatie. De nieuw verworven kennis moet worden toegepast op het probleem om te kijken of je nu beter in staat bent de verschijnselen te verklaren. Tijdens deze rapportage vindt een synthese van het geleerde plaats en wordt het geleerde toegepast op de situatie zoals beschreven in het probleem.

Bij het voorbeeld van de wet van Ohm van stap 7 van voorbeeldgestuurd lesgeven wordt de essentie van de nieuwe formule getoetst aan de al bestaande kennis die de leerling heeft. De leerlingen worden gestimuleerd om met voorbeelden van hun eigen ervaring te komen uit een ander kennisveld, waarvan de werking dezelfde is als van de gevonden formule. Een goed voorbeeld is de wet van Thante. Bij de wet van Thante werd elektrische stroom vergeleken met een stroom kussjes. Voorbeelden uit het dagelijks leven waarvan de leerling de essentie prima begrijpt.

Bij stap 7 van voorbeeldgestuurd onderwijs wordt datgene wat op het bord werd opgeschreven, overgenomen in het schrift van de leerling. Verder wordt de essentie van de nieuwe formule getoetst aan de ervaring door het vinden van voorbeelden met dezelfde samenhang van de grote lijn uit een ander kennisveld. Dit komt overeen met sprong 7 van probleemgestuurd onderwijs: het rapporteren en integreren van nieuwe informatie.

6.8 Verschillen tussen voorbeeldgestuurd onderwijs en PGO

In de vorige paragraaf heb ik de overeenkomsten tussen probleemgestuurd onderwijs en voorbeeldgestuurd onderwijs vergeleken. In deze paragraaf bespreek ik de verschillen. Ik doe dit aan de hand van vier inzichten die onderzoek op het

gebied van leren heeft opgeleverd en die besproken worden in 'Probleemgestuurd onderwijs: mythes en merites' (Dolmans *et al.*, 1999). Die inzichten zijn achtereenvolgens: (1) leren is een constructief proces, (2) bij het verwerven van nieuwe informatie wordt ook contextinformatie opgeslagen, (3) intrinsieke motivatie heeft een positieve invloed op de leerprestaties, en (4) metacognitieve processen vinden plaats tijdens het leren. Ieder inzicht bespreek ik in een aparte subparagraaf.

6.8.1 Leren als constructief proces

Het eerste inzicht uit het onderzoek naar leerprocessen is, dat leren een constructief proces is (Glaser, 1991). Zowel de 7-sprong van probleemgestuurd onderwijs als het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven gaat uit van leren als een constructief proces bij de leerling. De organisatie is echter volstrekt anders.

Probleemgestuurd onderwijs wordt gekenmerkt door een onderwijsorganisatie met een centrale sturing. Het vereist (1) een strakke regelgeving, planning en coördinatie, (2) een centrale besluitvorming, (3) duidelijk omschreven rollen en functies en (4) een beperkte autonomie van de individuele docent (Dolmans, Wolthagen en Scherpier, 1996). Dit is nodig om het leerproces en de leeromgeving op elkaar af te stemmen en om het programma modelmatig en planmatig vorm te geven. Voor het leerproces ligt door het uitvoeren van de 7-sprong sterk de nadruk op actieve en zelfstandige verwerking door de student. Het startpunt bij probleemgestuurd onderwijs is het probleem, zoals beschreven staat in het blokboek. Het blokboek is vooraf door een team van docenten samengesteld. Goed probleemgestuurd onderwijs staat of valt bij de keuze en het ontwikkelen van deze problemen. Het onderwijs vindt plaats tijdens de bijeenkomsten van de onderwijsgroepen waarbij de 7-sprong wordt gehanteerd. Bij een goede uitwerking van de 7-sprong leren de studenten zelfstandig de nieuwe lesstof, van elkaar en door het zelf uitzoeken. De groep wordt begeleid door een tutor die zonnig bij moet sturen, zodat er niet te veel van de sprongen wordt afgeweken. Bij probleemgestuurd onderwijs worden de leerdoelen niet gedetailleerd aan de studenten voorgeschreven, maar moeten de studenten hun leerdoelen zelf formuleren. De studenten moeten zich de beoogde leerdoelen geheel zelfstandig eigen maken, met als leidraad het blokboek.

Bij voorbeeldgestuurd lesgeven wordt uitgegaan van klassikaal lesgeven. De duur van het lesgeven kan wisselen: het kan een hoorcollege zijn van anderhalf uur, een presentatie van drie kwartier of een korte uitleg van tien minuten. De docent moet de resultaten van de voorbeelden systematisch weergeven (stap 3), zodat de studenten zelf de grote lijnen kunnen vinden (stap 4). De docent geeft extra voorbeelden uit de ervaringswereld van de studenten (stap 5), waarna een discussie volgt over overeenkomsten en verschillen van de voorbeelden met de grote lijnen (stap 6). De studenten zelf kunnen ook met eigen ervaringen komen en bij de docent verifiëren of die voorbeelden inderdaad de essentie weergeven (stap 7). De keuze van de docent van de voorbeelden waarmee de les begint, is belangrijk voor het welslagen van de les, analoog aan de keuze van de problemen bij probleemgestuurd onderwijs. De docent stuurt op belangrijke wijze het

leerproces van de leerling om de door de docent beoogde leerdoelen te bereiken. Tijdens de uitvoering van de les kan de docent accenten leggen, misconcepties verwijderen en onduidelijkheden aangeven, om de essentie van de les goed te laten overkomen. Het leerproces van de leerling wordt versterkt als, na het klassikale gedeelte van de les, de leerling aan de hand van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren de juist behandelde lesstof uit het leerboek analyseert.

Bij probleemgestuurd onderwijs wordt er nauwelijks klassikaal lesgegeven. Indien dit wel het geval is, dan is het de bedoeling dat er een bewuste keuze voor het geven van een college wordt gemaakt, bijvoorbeeld door een deskundige die het belang van een bepaald thema voor de opleiding belicht (Snellen-Balendong en Dolmans, 1999). "Andere motieven voor het geven van colleges zijn het bespreken van moeilijke onderwerpen, corrigeren van misconcepties, stimuleren van interesses, concretiseren van de leerstof, presenteren van een overzicht of demonstrieren van probleemoplossingen" (Dolmans *et al.*, 1999). Indien moeilijke abstracte nieuwe zaken moeten worden overgebracht is dus docentgestuurd onderwijs aan te bevelen. Een ander verschil is, dat bij probleemgestuurd onderwijs de student de leerdoelen formuleert. Door de studenten zelf geformuleerde leerdoelen blijken bij probleemgestuurd onderwijs in sterke mate overeen te komen met de door de docent beoogde doelen (Dolmans *et al.*, 1993). Bij voorbeeldgestuurd onderwijs kan juist de docent tijdens het leerproces de diepgang en de te bereiken leerdoelen bewaken. In een klassikale lessituatie kan dus bij voorbeeldgestuurd onderwijs moeilijke abstracte kennis worden overgebracht waarbij de diepgang door de leraar wordt bewaakt.

6.8.2 Leren in de context

Een tweede inzicht dat uit onderzoek over leren naar voren komt, is dat bij het verwerven van nieuwe informatie ook contextinformatie wordt opgeslagen. De kennis dient toegepast te worden in verschillende concrete situaties (Vermunt, 1992), waardoor de student in staat is het geleerde flexibel te gebruiken. Het leren in de context is bij probleemgestuurd onderwijs en bij voorbeeldgestuurd onderwijs duidelijk aanwezig. Met contextueel leren wordt bedoeld, dat de student of leerling een relevante context wordt aangeboden waarop het geleerde wordt toegepast. Het vinden van de nieuwe informatie in de context rond het probleem of voorbeeld verloopt bij probleemgestuurd onderwijs en voorbeeldgestuurd onderwijs echter geheel verschillend.

Bij probleemgestuurd onderwijs vindt tijdens de brainstormsprong een uitwisseling plaats van ideeën tussen de leden van de onderwijsgroep onderling. Daarbij beslissen ze samen welke nieuwe stof ze moeten bestuderen en welke problemen ze moeten uitzoeken tijdens de zelfstudiesprong. De zelfstudie voert iedere student zelfstandig uit met behulp van zelfgekozen bronnen en hulpmiddelen. Daartoe is een lijst van hulpmiddelen in het blokboek opgenomen om de student te helpen een keuze te maken. Bij het zoeken naar uitleg van nieuwe stof, komt de student mogelijkerwijs andere onderwerpen tegen waarin deze geïnteresseerd is. Studenten zullen de zelfdiscipline op moeten brengen om

op zoek te gaan naar het antwoord op de vraag, maar ondertussen steken ze op een heel zelfstandige manier nieuwe stof op die wordt gelezen rond de vraagstelling.

Bij voorbeeldgestuurd lesgeven wordt het voorbeeld als inleiding van de nieuwe lesstof door de docent gegeven. De nieuwe stof wordt zo door de leraar aangedragen en niet door de leerling zelfstandig in hulpmiddelen opgezocht. De leerling mist daardoor ook de mogelijkheid nieuwe stof die rond het onderwerp liggen spontaan te lezen en daarvan kennis te nemen. Bij voorbeeldgestuurd onderwijs werkt de docent voorbeelden uit, die een beroep doen op voorkennis vanuit een bepaalde context. Na het formuleren van de grote lijnen wordt er tijdens de verduidelijkingsdialoog gezocht naar overeenkomsten en verschillen. Daarbij wordt de leerling gestimuleerd om associaties met andere voorbeelden uit te werken. Om de stof te koppelen aan de ervaring van de leerling vergelijkt de docent voorbeelden met analoge grote lijnen uit een andere context. Nadat de docent dit heeft gedaan, worden vervolgens de leerlingen aangemoedigd met eigen voorbeelden te komen en die te bespreken op overeenkomsten en verschillen. Daardoor vindt transfer plaats vanuit voorbeelden uit een andere context, maar met dezelfde grote lijnen die de leerlingen begrepen hebben. Voorbeeldgestuurd onderwijs moedigt de studenten aan hun eigen (spontane) associaties bij de door de leraar aangedragen voorbeelden te toetsen aan de essentie van de nieuwe lesstof en de leraar te vragen of deze voorstelling juist is.

Bij probleemgestuurd onderwijs bestudeert de student zelfstandig nieuwe lesstof dan bij voorbeeldgestuurd onderwijs. Bij voorbeeldgestuurd onderwijs kan de leraar door de keuze van voorbeelden de diepgang van de kennis bewaken en bevorderen. Tevens kan de leerling terstond bij de leraar verifiëren of de essentie van de nieuwe lesstof goed begrepen is om mogelijke misconcepties te voorkomen.

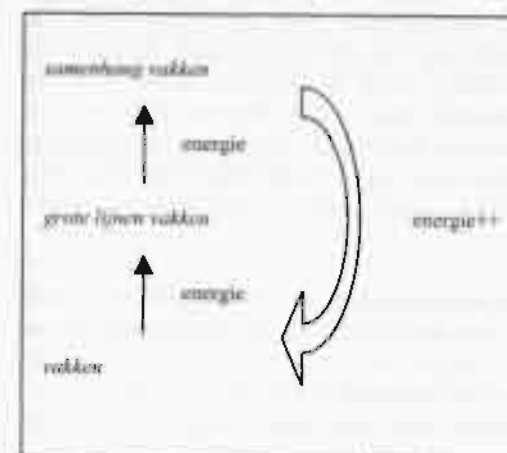
6.8.3 Leren door intrinsieke motivatie

Behalve de cognitieve verwerkingsprocessen van het leren die hiervoor besproken zijn, spelen bij het leren ook allerlei affectieve processen een rol, zoals motivatie. De intrinsieke motivatie heeft een positieve invloed op de interesse in de lesstof en daarmee op de tijd die eraan besteed wordt en daarmee op de leerprestaties (Schmidt, 1983).

Een optimaal gebruik maken van voorkennis is een uitgangspunt bij probleemgestuurd onderwijs. Bij de analysesprong worden overeenkomsten en verschillen in het probleem gezocht, die vervolgens geordend worden, waarna samenhangende ideeën worden uitgediept. Tijdens de discussie in de onderwijsgroep ontstaat zo *elaboratie* van voorkennis. Iedere student zal vooral uitweiden naar omliggende problemen die zij zelf interessant vindt en leert daardoor op stimulerende manier een heleboel over en rond de vraagstelling. Ieder groepslid komt bij een bepaald onderwerp met iets nieuws; op deze wijze wordt de voorkennis zo veel mogelijk gebruikt. Vaak zal de uitbreiding van de kennis rond het opgegeven probleem liggen, dus in hetzelfde kennisveld. Het zelf selecteren

van leermiddelen, bezorgt de student in het begin van de studie onzekerheid omtrent de omvang en diepgang van de zelfstudie. In het algemeen neemt de onzekerheid van de student omtrent de omvang en diepgang af, naarmate de student meer ervaring heeft met probleemgestuurd onderwijs, alhoewel er altijd sprake zal blijven van enige mate van onzekerheid (Doimans *et al.*, 1999).

Voorbeeldgestuurd leren neemt juist deze onzekerheid van de leerling als uitgangspunt. Ten eerste door les te geven volgens de inductieve denkrant. Ten tweede worden leerlingen bij de verduidelijkingsdialoog gestimuleerd tot vergelijken met voorbeelden uit een ander kennisveld. Dit zullen voorbeelden zijn uit de ervaringswereld van de leerling, die de leerling zelf dan ook begrijpt. Om onmiddellijk te kunnen verifiëren of het door de leerling bedachte voorbeeld inderdaad de essentie van het nieuwe begrip weergeeft, is het een voordeel dat er een leraar aanwezig is. Dat geeft de leerling het zelfvertrouwen dat de grote lijn goed begrepen is en bezorgt haar een kick dat er iets nieuws is geleerd. Door het stimuleren van het gebruik van voorbeelden uit een ander kennisveld, levert voorbeeldgestuurd onderwijs de samenhang tussen de vakken. De ervaring uit het



Figuur 6.12 de drie lagen voor samenhangend onderwijs

dagelijks leven van de leerling is uiteraard niet opgedeeld in vakken. De lesmethode gaat uit van een indeling in 3-trapswijsheid (zie figuur 6.12). Het onderwijsproces kunnen we indelen in vakken, de grote lijnen van de vakken en de samenhang van de vakken. Het hele proces van informatieoverdracht met behulp van de drielagenstructuur is daarbij nodig. De samenhang kan weer als voorbeeld dienen voor een nieuw te leren doelstelling. Het begrip van de samenhang is dus weer de basis, een voorbeeld, voor het volgende dat geleerd gaat worden. Leerlingen ervaren dus voordeel van de energie die ze hebben gestoken in het leren van iets nieuws. Dat voelt als efficiënt leren. De voorbeeldgestuurde lesmethode stimuleert, dat voorbeelden uit een ander kennisveld de nieuwe lesstof verifiëren. Het gaat daarbij om voorbeelden uit de ervaring van de leerling die niets te maken hebben met vakken, waardoor de samenhang van de verschillende vakken wordt gewaarborgd. Dat geeft de leerlingen een sterke intrinsieke motivatie.

Zowel probleemgestuurd onderwijs als voorbeeldgestuurd onderwijs bevorderen door ontdekkend leren de intrinsieke motivatie, waardoor beter wordt onthouden. Probleemgestuurd onderwijs verhoogt de intrinsieke motivatie doordat studenten tijdens de zelfstudie rond het probleem voor henzelf interessante onderwerpen verder uitdiepen. Voorbeeldgestuurd onderwijs verhoogt de intrinsieke motivatie (1) doordat het uitgaat van de onzekerheid van de leerlingen die geverifieerd kan

worden bij een leraar en (2) door het gebruiken van eerder opgedane ervaringen door kennisoverdracht.

6.8.4 Leren met behulp van metacognitieve processen

Het vierde inzicht dat naar voren is gekomen uit onderzoek naar leren, beziet de wijze waarop de cognitieve en affectieve processen in het leren gestuurd worden. Metacognitieve processen blijken hierbij een belangrijke rol te spelen (Vermunt, 1992). Naarmate de student beter in staat is te reflecteren over het geleerde, te evalueren en te diagnosticeren, zal de student het geleerde beter begrijpen en ook beter kunnen toepassen.

Bij probleemgestuurd onderwijs is het uitgangspunt dat de student tijdens het uitvoeren van de 7-sprong zo effectief mogelijk leert. De studenten voeren de 7-sprong zelfstandig uit. Eventueel stuurt de aanwezige *tutor* in de onderwijsgroep het proces bij. Indien het onderwijs het leren van de student op deze wijze stimuleert, dan ontwikkelt de student vaardigheden voor *levenslang leren*. De studenten zijn niet langer alleen afhankelijk van de leerinhouden waarmee zij geconfronteerd worden tijdens de opleiding, maar de studenten leren vooral op welke wijze zij zichzelf leerstof eigen kunnen maken. Aan dergelijk onderwijs ligt het studieconcept *leren leren* ten grondslag, waarbij de studenten in toenemende mate zelf verantwoordelijk zijn voor hun eigen leren. Probleemgestuurd onderwijs gaat uit van de zelfstandigheid van de student. Zelfs in het bepalen van de leerdoelen.

Bij voorbeeldgestuurd onderwijs geeft het stappenplan het metacognitieve inzicht aan. Het voorbeeldgestuurd lesgeven gaat daarbij uit van de onzekerheid van de leerling, om van daarnuit een leidraad te bieden om de abstracte grote lijnen af te leiden. Ook het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren gaat uit van concrete relevante voorbeelden. Het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren wordt uitgevoerd, waarbij eventuele vragen aan de leraar kunnen worden gesteld, en/of geverifieerd. Het aanleren van het stappenplan, met als uitgangspunt het bediscussieren en daardoor leren vanuit voorbeelden, is dus bij uitstek geschikt voor de jongere leerling die onzekerder is dan een volwassen student. Het uitvoeren van het stappenplan leert de leerling zelfstandig de eigen onzekerheid te accepteren en grote lijnen vanuit de voorbeelden te ontdekken. Niet alleen in schoolse situaties, maar ook daarbuiten, voor de rest van het leven.

Probleemgestuurd onderwijs verwacht dat de student optimaal leert door zelfstandig te leren, waarbij de studenten zelf de leerdoelen formuleren. Deze vorm van onderwijs is dus uitstekend te gebruiken voor studenten die zelfstandig kunnen leren. Voorbeeldgestuurd onderwijs wil een stappenplan bieden waarmee de leerling *leert* zelfstandig te leren; het is dus geschikt voor de jongere onzekere leerling. Daarnaast biedt voorbeeldgestuurd lesgeven de leraar de mogelijkheid de diepgang van de leerdoelen te bewaken en te bevorderen. Ook is voorbeeldgestuurd lesgeven toepasbaar voor aanvullende colleges bij probleemgestuurd onderwijs. In het volgende hoofdstuk bespreek ik hoe voorbeeldgestuurd lesgeven in de praktijk wordt toegepast.

7 Voorbeeldgestuurd lesgeven in de praktijk

In dit hoofdstuk vergelijk ik traditioneel lesgeven met voorbeeldgestuurd lesgeven. In 7.1 presenteer ik de beoordeling van studenten van beide onderwijsvormen tijdens een pilotstudie. Vervolgens geef ik in 7.2 de resultaten van twee reeksen van voorbeeldgestuurd lesgeven. Het betreft verschillende hoorcolleges op het HBO. Bij de eerste reeks colleges beschrijf ik hoe een ervaren docent voorbeeldgestuurd lesgeven leert. Een groep van gemiddeld 24 studenten volgt deze collegereeks, waarvan 14 meisjes en 10 jongens. De beoordelingen van de meisjes en jongens van *hetzelfde* college blijken duidelijk te verschillen. In de tweede reeks colleges bespreek ik de stijging van de beoordeling van een groep van gemiddeld 38 studenten die enkel uit jongens bestond. In 7.3 presenteer ik tenslotte de beoordelingen van leerlingen voor traditioneel en voorbeeldgestuurd lesgeven bij het vak natuurkunde in twee HAVO-3 klassen. Ook daarbij blijkt een duidelijk verschil in de beoordeling tussen meisjes en jongens.

7.1 Een pilotstudie

Tijdens een pilotstudie heb ik een evaluatieformulier ontwikkeld met behulp waarvan de veranderingen in lesgeven te meten zijn. De pilotstudie vond plaats gedurende een half jaar tijdens mijn eigen colleges op de Hogere Informatica Opleiding van Noordelijke Hogeschool Leeuwarden.

In 7.1.1 bespreek ik het evaluatieformulier dat ontwikkeld is om verschillen in lesgeven te kunnen meten op basis van beoordelingen van studenten. Daarna geef ik in 7.1.2 aan, hoe ik de resultaten van de ingevulde evaluatieformulieren zoveel mogelijk grafisch presenteer. Met behulp van deze presentatie vergelijk ik in 7.1.3 de beoordelingen van een zelfde college dat aan twee verschillende groepen studenten werd gegeven. Beide colleges leverden nagenoeg identieke resultaten op. Tenslotte presenteer ik in 7.1.4 de resultaten van twee colleges die op verschillende wijze aan twee verschillende groepen werd gegeven. Het verschil tussen de colleges bestond uit het beginnen met een metagrammaticaal voorbeeld in plaats van daarmee te eindigen, een essentieel uitgangspunt van voorbeeldgestuurd lesgeven.

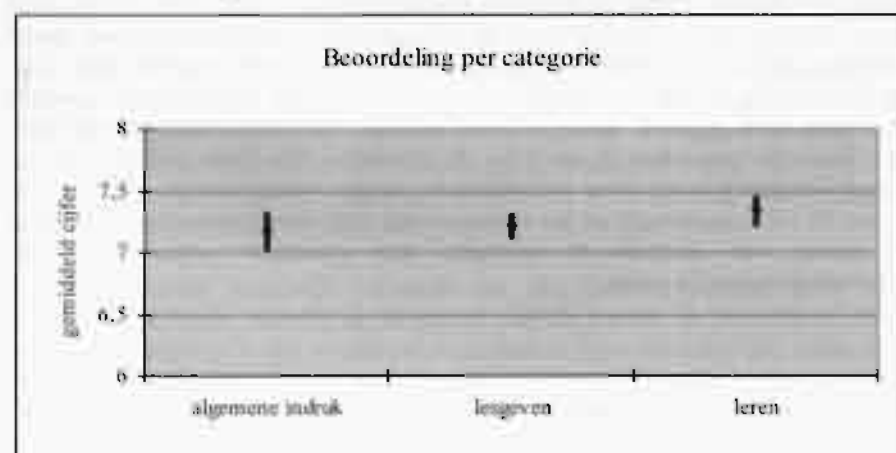
7.1.1 Het gebruikte evaluatieformulier

De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs neemt als vertrekpunt de onzekerheid van de student. Het evaluatieformulier vraagt dan ook naar de ervaring van de student op een manier die zo transparant mogelijk is en op geen

enkele wijze bedreigend. Na afloop van de colleges in het onderzoek vroeg ik de aanwezige studenten het evaluatieformulier individueel en anoniem in te vullen. Op het formulier waren het college en de datum al ingevuld. Het evaluatieformulier begon met een onderscheidende vraag: "ik ben een meisje / jongen". De volgende vraag van het evaluatieformulier luidde: "voor de algehele beoordeling van deze les geef ik het cijfer", waarna een cijfer met laagste waardering 1 tot hoogste waardering 10 kon worden ingevuld. Deze beoordeling geeft de algemene indruk van de les weer. Daarna volgde de vraag: "de drie belangrijkste punten die de docent in deze les wilde behandelen zijn:" (er werd een opsomming van drie zaken gevraagd) gevolgd door "met cijfer voor uitleg:". De beoordelingen geven de mening van de student weer over de manier van lesgeven door de docent. De laatste vraag luidde: "de drie belangrijkste zaken die ik in deze les geleerd heb zijn:" (opnieuw met opsomming voor drie zaken) "met een cijfer voor mijn begrip nu:". Deze cijfers geven een oordeel over het leren van de student zelf. Het evaluatieformulier werd afgesloten met een lege ruimte voor eventuele opmerkingen. Alle vragen samen pasten precies op één A4-velletje. Het gebruikte evaluatieformulier staat in Appendix A.

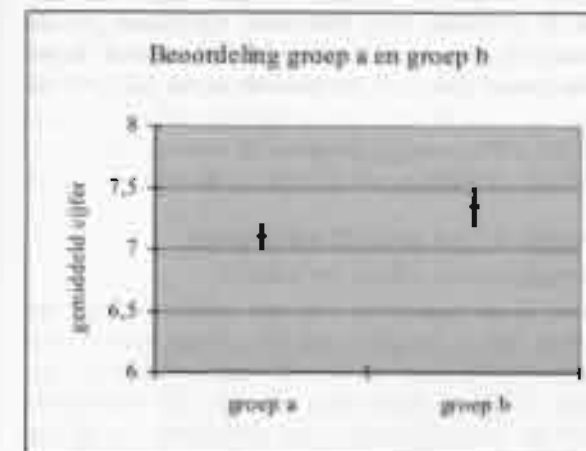
7.1.2 De manier waarop de resultaten worden gepresenteerd

De presentatie van de resultaten vloeit voort uit de gestelde vragen. Op het evaluatieformulier werden over drie categorieën cijfers gevraagd: (1) de *algemene indruk* van het college, (2) het *lesgeven* van de docent en (3) het *leren* van de student. Per categorie werden de cijfers over een hele groep gemiddeld. Van het gemiddelde werd de standaarddeviatie bepaald, met behulp waarvan de betrouwbaarheid van de metingen werd berekend. Bij iedere grafische weergave is hetzelfde betrouwbaarheidsinterval genomen van 70%, om de resultaten van de verschillende colleges te kunnen vergelijken. Dit wil zeggen dat 70% van de

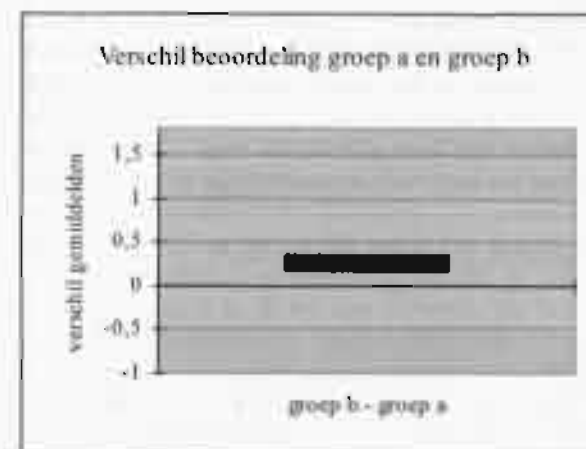


Figuur 7.1: de presentatie van de gemiddelde cijfers met het betrouwbaarheidsinterval in de drie verschillende categorieën algemene indruk, lesgeven en leren.

gegeven cijfers in het aangegeven interval liggen rond de gemiddelde waarde. In de grafische presentatie is het betrouwbaarheidsinterval weergegeven als een verticale streep. Een voorbeeld daarvan is te zien in figuur 7.1. Het betrouwbaarheidsinterval is klein als er *of* over veel gegevens gemiddeld wordt, *of* als de cijfers dicht rond het gemiddelde waarde liggen. Het betrouwbaarheidsinterval is groot als er slechts weinig cijfers zijn waarover gemiddeld wordt *of* als de gegeven cijfers sterk van elkaar verschillen.



Figuur 7.2: het gemiddelde van twee groepen a en b weergegeven in één figuur.



Figuur 7.3: het verschil in gemiddelde van twee groepen a en b waarbij de betrouwbaarheidsinterval van 70% is aangegeven.

verschil van de gemiddelde van groep a en b is $(0,09 + 0,15) / 2 = 0,12$. Het verschil van de gemiddelden van groep b en groep a is dus $0,25 \pm 0,12$. In het weergegeven voorbeeld in figuur 7.3 ligt het hele betrouwbaarheidsinterval boven de 0. Als het hele betrouwbaarheidsinterval boven de 0 ligt, is de conclusie dat het gemiddelde cijfer in groep b boven het gemiddelde van groep a ligt met een be-

Vaak worden de gemiddelden van de resultaten per categorie van twee verschillende groepen met elkaar vergeleken in dezelfde figuur. Een voorbeeld daarvan is weergegeven in figuur 7.2. Groep a heeft een gemiddelde van $7,10 \pm 0,09$ en groep b heeft een gemiddelde van $7,35 \pm 0,15$ bij de voor de grafische weergave gebruikte betrouwbaarheid van 70%.

Bij het vergelijken van de gemiddelden van twee groepen wordt soms gebruik gemaakt van de weergave van het verschil in de gemiddelde waarden. Het verschil van het gemiddelde van groep b en groep a is $7,35 - 7,10 = 0,25$ (zie figuur 7.3). Als betrouwbaarheidsinterval van het verschil van het gemiddelde van beide groepen geef ik in de grafische weergave het gemiddelde van beide betrouwbaarheidsintervallen waarover gemiddeld wordt. Het betrouwbaarheidsinterval van het

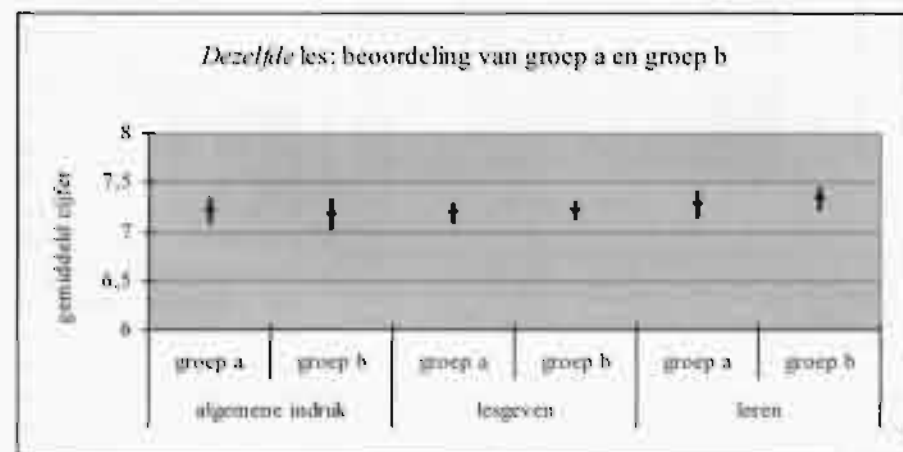
trouwbaarheidsniveau van 70%. Voor de grafische weergave van het verschil in het gemiddelde is bij de presentatie in het hele onderzoek hetzelfde interval genomen, namelijk tussen de -1,0 en +1,8 punt.

Van het verschil in het gemiddelde wordt het statistische betrouwbaarheidsniveau genoemd. De statistische betrouwbaarheid is een maat voor de waarschijnlijkheid dat het verschil in beoordeling niet berust op toeval. Deze is in het voorbeeld 99%. Indien de statistische betrouwbaarheid groter is dan 95% wordt aangenomen dat het verschil niet door toeval is ontstaan, dus statistisch significant is. De statistische betrouwbaarheid noteer ik soms tussenhaakjes bij het verschil. In het voorbeeld is het verschil in het gemiddelde van de beoordelingen $0,25 \pm 0,12$ (99%).

7.1.3 Het vergelijken van dezelfde les aan verschillende groepen

Tijdens de pilotstudie vergeleek ik de resultaten van een zelfde les die aan verschillende groepen was gegeven. Bij de herhaling van het college werden geen inhoudelijke veranderingen aangebracht, voor de docent was het *dezelfde* les. Beide groepen die de colleges volgden, bestonden uit zo'n 22 mannelijke studenten. Tijdens de les werd de matrixmethode voor subtypering uitgelegd (Bakema, Zwart en van der Lek, 2000) met gebruikmaking van dezelfde voorbeelden die in beide groepen op papier werden uitgereikt.

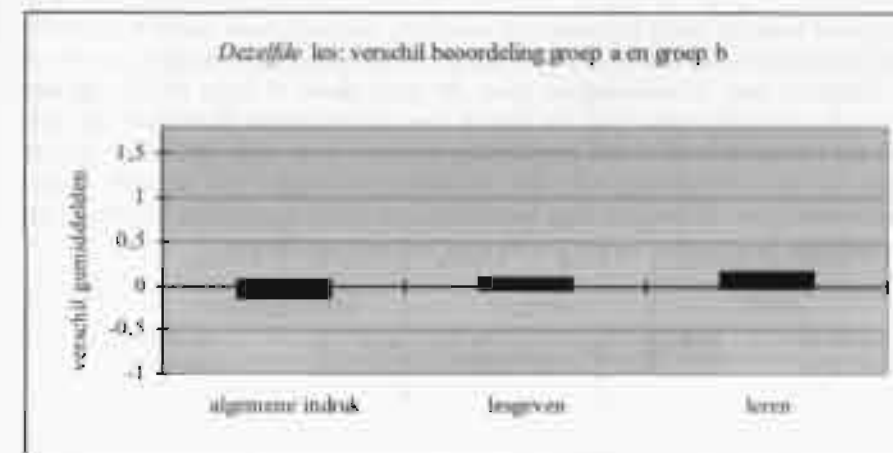
Bij de beoordeling van de les kreeg de vraag over de *algemene indruk* in de eerste groep a een gemiddelde van $7,21 \pm 0,10$ en bij de herhaling van de les in groep b een gemiddelde van $7,17 \pm 0,14$. Binnen de betrouwbaarheid van 70% is daarbij een enorm grote overlap te zien, zoals grafisch is weergegeven in figuur 7.4. Voor de categorie *lesgeven* door de docent zijn deze gemiddelde resp. $7,19 \pm 0,10$ en $7,21 \pm 0,08$. Voor de categorie van het *leren* van de student zijn de gemiddelden



Figuur 7.4: de gemiddelde cijfers van groep a en groep b voor alle drie de categorieën.

voor de respectievelijke groepen $7,28 \pm 0,12$ en $7,34 \pm 0,11$. De gemiddelde cijfers van beide groepen voor de twee andere categorieën *lesgeven* en *leren* zijn evenals de categorie *algemene indruk* weergegeven in figuur 7.4.

Het verschil van de gemiddelden per categorie is grafisch weergegeven in figuur 7.5. De beoordeling van de *algemene indruk* is bij de herhaling van de les iets lager met een grotere spreiding (veroorzaakt door een heel laag cijfer van één student). In de categorie *lesgeven* is nagenoeg geen verschil in gemiddelden van beide groepen. Het *leren* door de studenten wordt bij de herhaling van de les ietsje hoger beoordeeld. De verschillen in alle drie de categorieën liggen rond de 0, dus de effecten op de beoordeling van het herhalen van een les zijn gering. Het statistische betrouwbaarheidsniveau is voor de categorieën *algemene indruk* en *leren* 98% en voor de categorie *lesgeven* 99%. De beoordeling van dezelfde lessen door verschillende groepen is dus statistisch significant gelijk.



Figuur 7.5: het verschil van de gemiddelde beoordeling van groep a en groep b voor alle drie de categorieën.

Je zou verwachten dat bij het geven van een herhaling de les soepeler verloopt, omdat slordigheden en onvolkomenheden de tweede keer worden vermeden en eventuele vragen in de les zijn verwerkt. De herhaling van de les zou daardoor hoger beoordeeld kunnen worden. Ook zou je kunnen verwachten dat de docent bij het geven van de herhaling minder geconcentreerd is, door de aanname dat net als bij het geven van de eerste keer de les wel goed zal verlopen. De herhaling van de les zou daardoor minder hoog beoordeeld kunnen worden. Dit hoger of lager beoordelen volgt niet uit de resultaten van de beoordelingen door de studenten. Bij het geven van wat een docent *dezelfde les* noemt aan verschillende groepen blijken de resultaten van de beoordeling door de studenten significant gelijk te zijn.

7.1.4 Het leereffect bij een les beginnend met een voorbeeld

Uit het voorgaande blijkt dat *dezelfde* les die gegeven wordt aan verschillende groepen studenten hetzelfde beoordeeld wordt. Tijdens de pilot-studie werden ook lessen gegeven waarbij in het tweede college duidelijke veranderingen werden aangebracht ten opzichte van de eerste keer. Het uitgangspunt van voorbeeldgestuurd lesgeven is, dat er gemakkelijker geleerd wordt als de les vanuit voorbeelden wordt opgebouwd. Een essentieel punt daarbij, is dat de les begonnen wordt met een zogenaamd metagrammaticaal voorbeeld uit de praktijk, waaruit het nut van de te leren stof blijkt. Dit uitgangspunt van voorbeeldgestuurd lesgeven is getest bij een college waar notenschrift van muziek geanalyseerd moest worden.

Stel dat je iemand bladmuziek wilt leren lezen (zie figuur 7.6). Dan neem je bladmuziek en ga je vervolgens vertellen wat alle symbolen betekenen. Dat de *p* van *piano* komt en zacht betekent en *f* van *forte*, dus hard moet worden gespeeld. Veel boeiender is het niet te vertellen wat *p* en *f* betekenen door de grote lijnen uit de middelste laag te verwoorden, maar de grote lijnen te laten horen met een voorbeeld uit de bovenste laag. De kans is dan aanzienlijk dat de student zelf ontdekt dat bij een *p* zacht wordt gespeeld en bij een *f* hard. Zelf ontdekken door te horen, is veel indringender leren dan het aangereikt krijgen van de grote lijnen. Een voorbeeld uit de hoogste laag laat de muziek horen, terwijl een voorbeeld uit de middelste laag slechts vertelt hoe de noot zou moeten klinken.

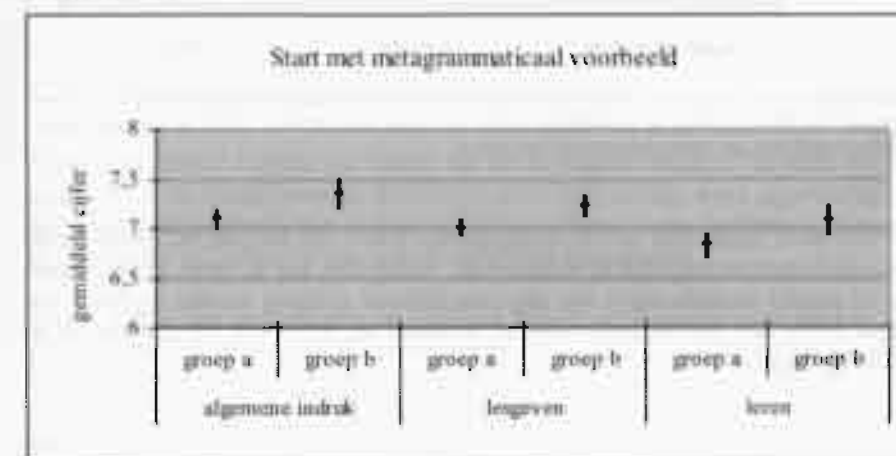
| | | |
|---------------------------|--------------|-----------------------|
| zamenhang grote lijnen | | muziek laten horen |
| grote lijnen | 2 tellen | noten spelen |
| tekenen | | symbolen |

Figuur 7.6: de meeste metagrammaticale voorbeelden liggen uitmuntend voor de hand.

Het muziekstuk werd getoond via de overheadprojector en was voor alle studenten goed te lezen. In het eerste college speelde de docent op een aanwezige cello de weergegeven grote lijnen in het muziekstuk afzonderlijk voor, zoals de hoogte van de toon, hoe lang een toon duurde of hoe hard er gespeeld moest worden. Pas aan het eind van het college werd het muziekstuk voorgespeeld zoals de componist dat had aangegeven in het muziekstuk. Bij de herhaling van de les werd juist begonnen het genoteerde muziekstuk voor te spelen. Tijdens het spelen konden de studenten zien en horen hoe de muzikant speelde en kijken of ze begrepen waarom de muzikant speelde zoals zij deed. De studenten konden daarbij het gegeven

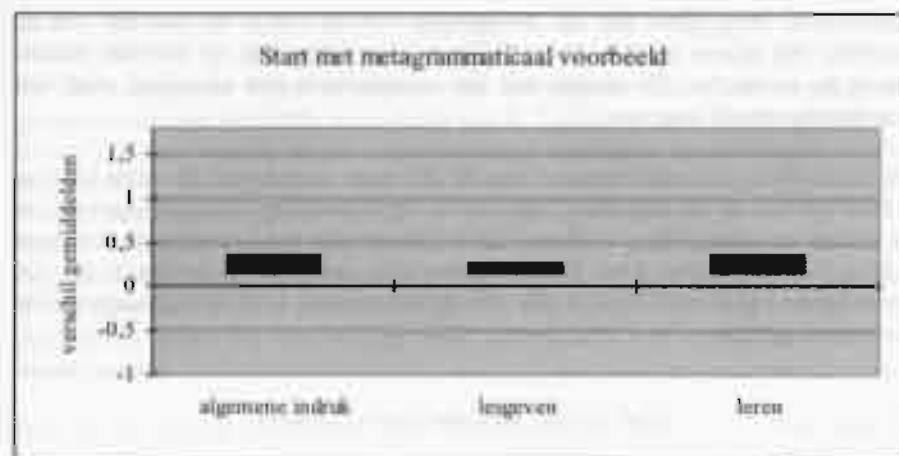
notenschrift vergelijken met de bewegingen van de cellist en met dat wat ze hoorden. Pas daarna werden de grote lijnen apart behandeld op dezelfde manier als in de eerste les. Dit starten met een voorbeeld is een essentieel punt van voorbeeldgestuurd lesgeven.

De beoordeling door de studenten van de *algemene indruk* van de eerste les was 7.09 ± 0.09 en bij de herhaling 7.36 ± 0.15 , de beoordeling van het *lesgeven* van de docent was resp. 7.01 ± 0.07 en 7.22 ± 0.10 en voor het *leren* van de studenten 6.83 ± 0.11 en 7.08 ± 0.14 . Deze waarden zijn weergegeven in figuur 7.7. De beoordeling van de studenten in alle drie de categorieën is bij de herhaling van de les vooruit gegaan.



Figuur 7.7: de gemiddelde cijfers van groep a en groep b voor alle drie de categorieën.

Het verschil van de gemiddelden per groep is voor de *algemene indruk* 0.25 ± 0.12 , voor het *lesgeven* 0.21 ± 0.09 en voor het *leren* 0.25 ± 0.12 (zie figuur 7.8). De statistische betrouwbaarheid dat de gevonden verschil in beoordelingen niet op toeval berust is voor de categorie *algemene indruk* 98%, voor *lesgeven* groter dan 99% en voor *leren* 97%. Daaruit blijkt dat, bij het starten van de les met een metagrammaticaal voorbeeld, alle drie de categorieën, de *algemene indruk*, de beoordeling van het *lesgeven* van de docent en het *leren* van de student een significant hogere beoordeling krijgen. De les die startte met de analyse van het muziekstuk werd door de studenten mogelijk ervaren als een vakinhoudelijke theorieles. De studenten vroegen zich wellicht af bij het zien van het notenschrift "Wat zijn dat voor bolletjes en waarom zet die componist daar zoveel tekens bij? Waarom doet hij zo moeilijk?" De studenten van de les die startte met het spelen van het muziekstuk, konden echter zien en horen dat de aantekeningen van de componist zinvol waren. De hogere beoordeling van de studenten zou er op kunnen duiden dat vanuit die overtuiging de student veel eerder bereid is alle grote lijnen te gaan ontdekken die in het muziekstuk zijn weergegeven.



Figuur 7.8: het verschil in de gemiddelde cijfers van beide groepen waar alleen de leraar van de les begon met een metagrammaticaal voorbeeld.

Uit veel meer lessen dan hier is weergegeven, bleek, dat het met het ontwikkelde evaluatieformulier mogelijk is betrouwbare verschillen aan te tonen tussen lessen met of zonder veranderingen die aan verschillende groepen werden gegeven. De laatste reeks met geëvalueerde lessen, inclusief de hierboven beschreven, is te vinden in Appendix B.

7.2 Leren voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO

Voorbeeldgestuurd lesgeven is uitgeprobeerd in het HBO tijdens hoorcolleges. Een collega aan de Bedrijfskundige Informatica opleiding van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden (NHL) leek het interessant om mee te doen aan het onderzoek. Toen ik hem vroeg bij welke lessen we het onderzoek zouden kunnen uitvoeren, bleek dat hij geen les gaf aan een groep studenten met een evenredige hoeveelheid meisjes. Zijn kamergenoot Klaas Kalma die ons probleem hoorde bood spontaan aan om indien mogelijk mee te doen. Kalma zou een serie colleges gaan geven aan de managementopleiding van de NHL waar meer dan de helft van de groep van 30 studenten uit meisjes bestond. De serie colleges werd gegeven in een periode van vijf weken, volgens het periodensysteem dat de NHL kent. De eerste les van de serie colleges zou Kalma op zijn eigen manier geven. De daarop volgende vier lessen zouden we samen voorbereiden en eventueel aanpassen aan de methode, voordat Kalma de lessen zou geven. De vijf lessen worden in deze paragraaf uitvoerig besproken. Een andere collega, Jan van der Wal, volgde een didactiekcursus aan de Rijksuniversiteit Groningen. Hij was daardoor bewust met didactiek bezig en het leek hem interessant deze manier van lesgeven uit te proberen. Dit gebeurde tijdens colleges bij een groep van 40 Informatica-studenten die alleen uit jongens bestond. Van der Wal zou de eerste twee colleges op zijn eigen manier geven en vervolgens vijf colleges die we samen aan de hand van de methode zouden voorbereiden.

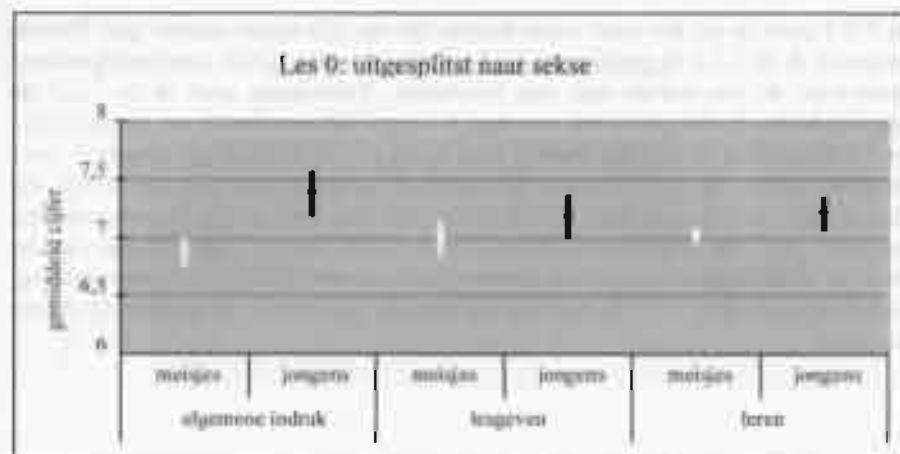
In 7.2.1 geef ik de les weer zoals Kalma die op zijn eigen manier gaf. Daarna bespreek ik in 7.2.2 de problemen bij het leren van stap 2 van voorbeeldgestuurd onderwijs: de les starten met een voorbeeld. Vervolgens geef ik in 7.2.3 de moeilijkheden bij het uitvoeren van stap 3: koppel het voorbeeld aan de grote lijn. In 7.2.4 bespreek ik een les waarbij stap 4 nog niet volledig werd uitgebuit: geef de grote lijnen. In 7.2.5 worden de resultaten getoond van alle vijf lessen die Kalma gaf. Daarbij krijgt het verschil in beoordeling van meisjes en jongens extra aandacht. In 7.2.6 presenter ik de resultaten van de hoorcolleges die Jan van der Wal gaf aan een groep van alleen mannelijke studenten op een Techniekopleiding. Tenslotte geef ik in 7.2.8 de aandachtspunten bij het leren van voorbeeldgestuurd lesgeven.

7.2.1 Traditioneel lesgeven door een ervaren docent

Tijdens het eerste college gaf Kalma les op de manier zoals hij al jaren het vak geeft. In de resultaten noem ik dit college *les 0*. Het college werd gegeven aan de hand van keurige sheets met de grote lijnen erop. Deze sheets konden de studenten in hun reader of op het intranet van de opleiding terugvinden.

Kalma begon het college met te vertellen hoe je in projecten kon werken. Dit gebeurde aan de hand van de grote lijnen die op sheets stonden. Eén voor één werden de sheets op de overhead gelegd en besproken. Kalma legde uit dat projectmanagement bestaat uit faseren, beslissen en beheersen. De partijen die bij projectmanagement nodig zijn, zijn het management, de gebruiker en de ontwikkelaar. Daarna vertelde hij hoe je projectmatig kon werken aan systeemontwikkeling met behulp van de methode SDM: *System Development Methodology* (Bots en Van Heck, 1999). Na de pauze werden de verschillende fasen van SDM besproken aan de hand van de grote lijnen op de sheets, zoals definitiestudie, basisontwerp, detailontwerp, realisatie en invoering. Met opmerkingen moedigde Kalma de studenten aan om mee te denken en bij de leerstof te betrekken, zoals "... denk bijvoorbeeld aan ..." en "... gebruik je gezonde verstand ...". Aan het eind van het college werd de studenten gevraagd het evaluatieformulier in te vullen.

Bekijken we de beoordeling van de studenten van les 0 uitgesplitst naar sekse (figuur 7.9) dan zien we dat de jongens deze les in alle categorieën hoger beoordelen dan de meisjes. De groep studenten bestond uit zo'n 20 meisjes en 10 jongens. In de beoordeling van de meisjes is het betrouwbaarheidsinterval kleiner dan die van de jongens, omdat er meer meisjes waren dan jongens. Op het evaluatieformulier werd bij deze les 0 slechts een enkele opmerking geschreven: "je kunt ook goed zelfstudie toepassen".



Figuur 7.9: les 0 uitgesplitst naar sekse voor de drie categorieën.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de meisjes beoordeelden deze les die werd gegeven aan de hand van de grote lijnen beduidend lager dan de jongens.

7.2.2 Starten met een voorbeeld

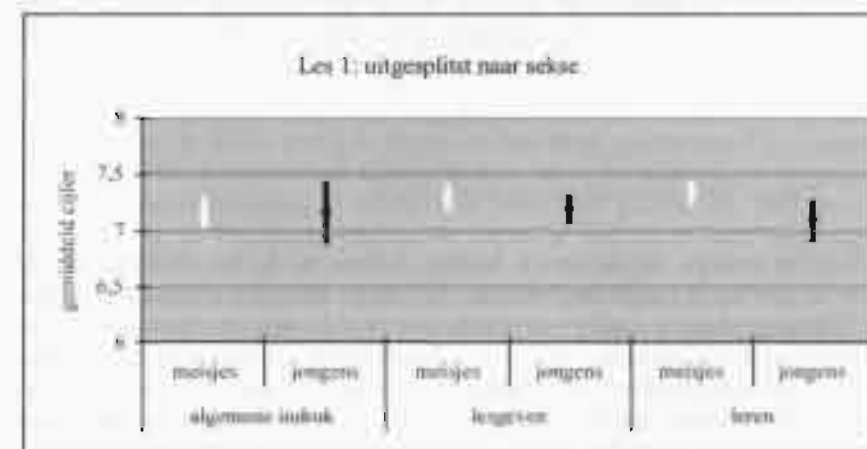
De daarop volgende colleges les 1 t/m les 4 hebben we samen voorbereid voordat Kalma deze ging geven.

De eerste keer dat we samen een college gingen voorbereiden hadden we daar anderhalf uur voor uitgetrokken. Kalma liet een stapel keurige sheets zien met de grote lijnen erop. Hij wilde een procesaangestuurde manier van systeemontwikkeling laten zien, namelijk ISAC (*Information Systems work and Analysis of Changes*) (Bots en Van Heck, 1999). Als voorbeeld had hij een Activiteiten-diagram getekend, zoals gebruikelijk bij de ISAC-methode, met processen die nodig zijn om met behulp van water en een theezakje vier kopjes thee te kunnen inschenken. Dit voorbeeld liet Kalma me aan het begin van de bespreking zien. Vervolgens ging Kalma de stapel sheets met me bespreken, beginnend bij de belangrijkste sheet die bovenop lag. Stuk voor stuk ging Kalma me oplezen wat de betekenis was van de grote lijnen die op de sheets stonden. Na iedere grote lijn die hij oplas van de sheet onderbrak ik hem en koppelde zijn grote lijn aan het voorbeeld van theezetten. Zoals hij vertelde "Je bepaalt eerst de invoerverzameling ..." en mijn onderbreking met "... water, theezakje..." en hij vervolgde "... en je bepaalt de uitvoerverzameling..." waarna mijn koppeling met het voorbeeld volgde "... vier kopjes thee...". Onverstoorbaar ging hij door met het oplezen van de sheets. "Daarna ga je aangeven welke bedrijfsactiviteiten plaatsvinden..." en ik "... water koken, zakje thee in water doen...". Na zo'n half uur had ik het gevoel dat Kalma vond dat ik hem stoorde in het geven van zijn weergave van de les. Steeds weer koppelde ik zijn grote lijn aan het voorbeeld: "...

je zou dus kunnen zeggen de smaak van de thee..." of "... wanneer je te weinig water opzet..." Op een gegeven moment keek hij me wat langer en zwijgend aan. Ik was even bang dat hij ermee zou stoppen. Bij mij begon de twijfel op te komen of ik andere docenten wel kon leren aan de hand van voorbeelden les te geven. Waarschijnlijk gaf toch ons basisenhousiasme de doorslag, want hij begon met me mee te doen: "... dus als je opeens niet vier maar meer mensen op theebezoek krijgt, dan moet je processen gaan bijsturen..." Kalma begon nu zelf vanuit het voorbeeld mij de grote lijn uit te leggen. Kalma vatte aan het eind van de voorbespreking zijn gevoel samen dat hij de les kon geven met het voorbeeld van theezetten en met behulp van de sheets die hij al jaren tijdens dit college gebruikte, maar de volgorde moest omdraaien. Dit omdraaien van de lesvolgorde, het uitvoeren van de anti-didactische inversie (zie 3.4.4), vatte Kalma samen met 'van achteren naar voren lesgeven'.

Bij het geven van de les de dag erna, bleek dat omdraaien van de lesvolgorde voor Kalma even wennen was. Vaak greep hij terug naar de grote lijnen op de sheets, in plaats van het voorbeeld over theezetten, dat de studenten begrepen, uit te buiten door vanuit het voorbeeld de grote lijnen uit te bouwen. In de pauze vertelde Kalma spontaan en enthousiast dat hij het, ondanks de aanpassingsproblemen, een prettige en boeiende manier van lesgeven vond.

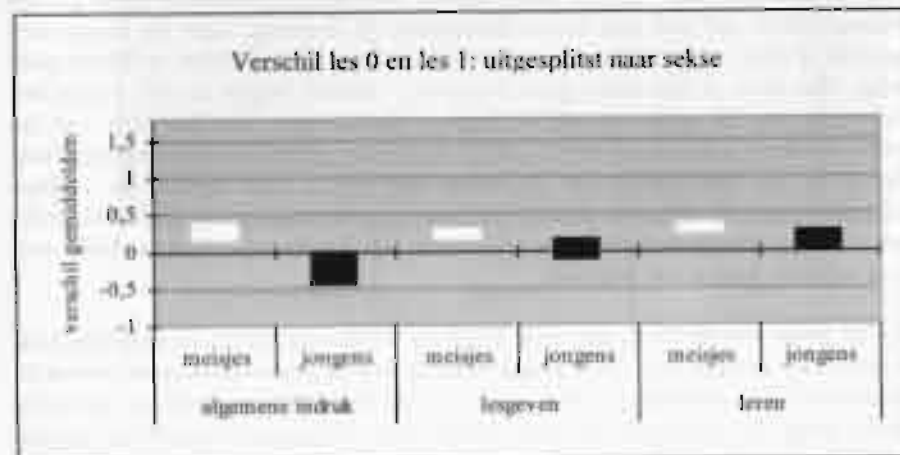
De resultaten van les 1 zijn uitgesplitst naar sekse in figuur 7.10 weergegeven. De hogere beoordeling van de jongens ten opzichte van die van de meisjes zoals in les 0 is nu verdwenen. Meisjes beoordelen deze les die begon met een voorbeeld even hoog of zelfs hoger dan de jongens in alle drie de categorieën.



Figuur 7.10: de beoordeling van les 1 uitgesplitst naar sekse voor de drie categorieën.

Het verschil in beoordeling van les 0 en les 1 (figuur 7.11) in de categorie *algemene indruk* stijgt bij de meisjes met 0.29 ± 0.13 en daalt bij de jongens -0.22 ± 0.23 . Voor de categorie *lesgeven* stijgt de beoordeling voor meisjes met 0.24 ± 0.08 en voor jongens blijft nagenoeg gelijk 0.01 ± 0.14 , en voor de categorie *leren* is de stijging voor de meisjes 0.32 ± 0.09 en jongens 0.12 ± 0.15 . Voor de meisjes

is de statistische betrouwbaarheid dat het verschil niet op toeval berust voor de categorieën *algemene indruk* en *leren* 98%, en voor *lesgeven* groter dan 99%. In alle drie de categorieën is de stijging dus significant.



Figuur 7.11: het verschil van de beoordeling in les 0 en les 1 uitgesplitst naar sekse voor de drie categorieën.

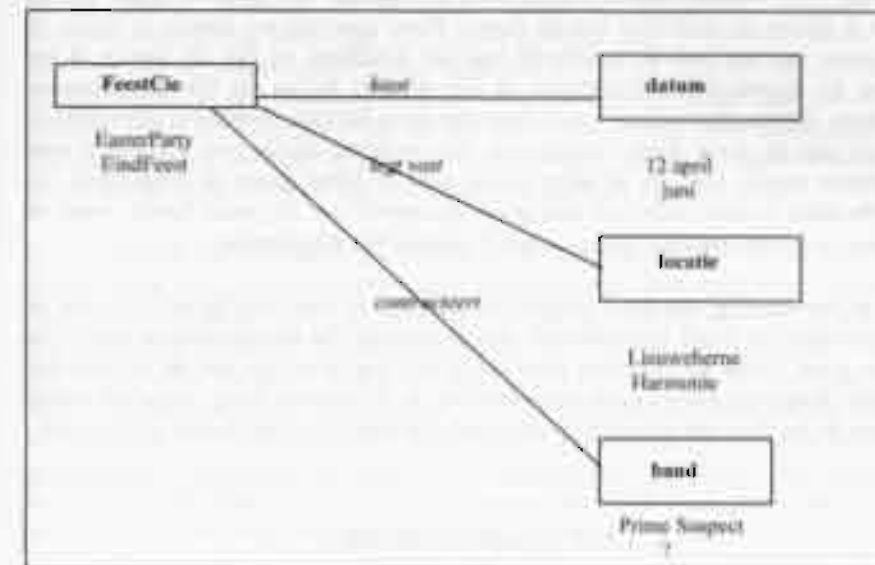
Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de stijging van de beoordeling van de meisjes was significant groter dan de stijging van de beoordeling van de jongens in dezelfde lessen met dezelfde condities. Deze observatie versterkt dus de veronderstelling dat het gemiddelde meisje en de gemiddelde jongen op een andere manier leren.

7.2.3 Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen

Op dezelfde manier als bij les 1 hebben Kalma en ik de volgende lessen voorbereid: werkend vanuit voorbeelden. Tijdens de bespreking brachten we een duidelijke koppeling aan van het voorbeeld naar de te leren grote lijnen. Door deze koppeling wordt het bekende voorbeeld optimaal benut om van daaruit de nieuwe abstracties te leren. De sheets met de belangrijkste grote lijnen erop waarmee hij al jaren het college begon, gaf hij pas aan het eind van de les. Het gevoel van Kalma dat hij 'van achteren naar voren' les moest geven, zou hij alle lessen behouden.

Stap 3 van voorbeeldgestuurd lesgeven koppelt het voorbeeld aan de grote lijnen van de nieuw te leren lesstof (zie 6.2.3). Dat leverde tijdens de tweede les die Kalma aan de hand van de methode gaf nog wat problemen op. Kalma wilde namelijk een model laten zien van gegevensverwerkende processen dat veel gebruikt wordt bij systeemontwerp, het *Entity-Relation-model* (ER-model) (Bots en Van Heck, 1999). Hierbij lag het voorbeeld voor de hand, want de studenten hadden net een groot feest gevierd en de helft van de organiserende commissie zat

in de klas. Tijdens de voorbespreking hadden we de volgende opzet van les 2 bedacht.

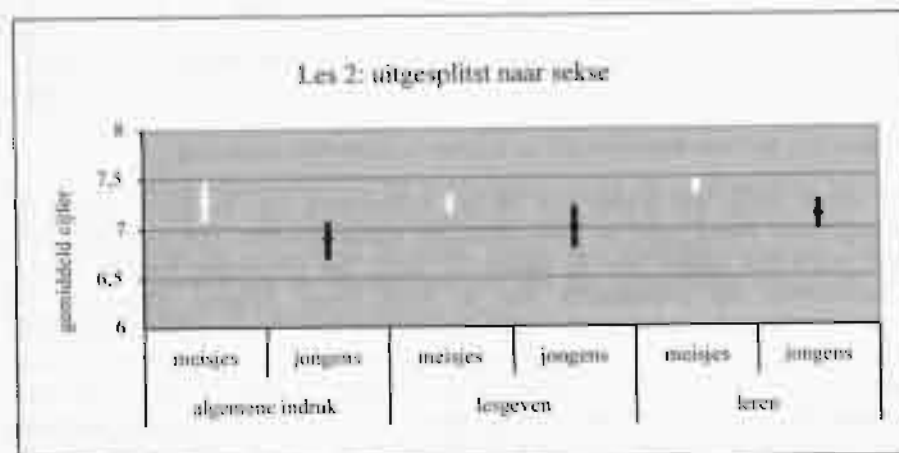


Figuur 7.12: het Entity-Relation-model van de gebruikte voorbeelden tijdens les 2.

De eerste vraag zou luiden wat bij het organiseren van de *Easter Party* de belangrijkste zaken voor de feestcommissie waren geweest. Het werd een hele lijst, zoals het kiezen van de datum 12 april, het vastleggen van de locatie Lieuweherne, het contracteren van de band *Prime Suspect*, enzovoort. In schematische vorm zouden alle gegevens op het bord worden geschreven (zie figuur 7.12). Tijdens de voorbespreking van de les hadden we het schema van alle gegevens van de *Easter Party* in blauw op een sheet geschreven. Deze gegevens worden de *entiteiten* genoemd. Daarna hadden we in het schema ook de gegevens van het komende Eindfeest in blauw op de sheet erbij geschreven. De locatie zou waarschijnlijk de Harmonie worden, de datum in juni en de band was nog niet bekend. Bij het opschrijven van de gegevens van het nog te organiseren Eindfeest zou simpel blijken dat je hetzelfde schema kon gebruiken als dat van de *Easter Party*. Voor beide feesten moest bijvoorbeeld een locatie worden besproken, een datum worden vastgelegd en een band worden gecontracteerd. De entiteiten van de verschillende feesten stonden keurig onder elkaar in het blauw weergegeven. Boven de blauwe gegevens uit de voorbeelden schreven we de algemene zaak waar het omging. Zo ging het in het geval van Lieuweherne en de Harmonie om de gekozen locatie. De locatie is het type van de entiteiten, ofwel *entiteittype*. Voorts werden tijdens de voorbespreking alle entiteiten van beide voorbeelden van de twee feesten voorzien van entiteitstypen. Deze entiteitstypen werden in het groen weergegeven. Aan het eind van de voorbespreking stonden in het blauw alle entiteiten op papier en in het groen de entiteitstypen die daarbij hoorden. De bedoeling was dus dat tijdens college het algemene model dat je gebruiken kunt om een willekeurig feest te organiseren, uiteindelijk in het groen op het bord zou staan. Dat vond Kalma een mooie manier van presenteren. Echter, tijdens het

geven van het college stond hij meer te goochelen met de kleuren blauw en groen, waarvan hij het gebruik zo helder vond, dan dat hij begon met het uitwerken van de twee voorbeelden. Om de voorbeelden te koppelen aan de grote lijnen zou hij eerst in blauw de entiteiten van de *Easter Party* opschrijven, daarna in blauw de entiteiten van het tweede voorbeeld van het Eindexamen en pas als laatste in het groen de algemenere entiteitstypen in het schema boven de blauwe entiteiten plaatsen. Tijdens het college kon Kalma niet eerst het hele voorbeeld uitwerken en daarna pas de grote lijnen weergeven. Hij wisselde steeds van voorbeeld naar algemene regels, dus van de kleur blauw naar de kleur groen en omgekeerd. De voorbeelden werden daardoor niet goed gekoppeld aan de grote lijnen, zodat de les nog lang niet optimaal gegeven werd volgens het stappenplan.

Bij de beoordeling van les 2 uitgesplitst naar sekse zien we (figuur 7.13) dat de meisjes deze les hoger beoordeelden dan de jongens. De meisjes kregen tijdens les 2 een groot aantal voorbeelden waaraan ze het begrip en nut van de te leren stof konden koppelen. De jongens beoordeelden de les minder hoog, mogelijk omdat tijdens de les de voorbeelden nog niet goed gekoppeld werden aan de grote lijnen.



Figuur 7.13 Les 2 uitgesplitst naar sekse voor de drie categorieën.

Op het evaluatieformulier stond bij de opmerkingen van een aantal studenten dat de les wat rommelig was. Dat zou goed kunnen komen door de wisseling van Kalma tussen algemene regels en het voorbeeld. De lijn van het voorbeeld werd (nog) niet vastgehouden en uitgewerkt. Tijdens de nabespreking direct na de les was Kalma ietwat teleurgesteld dat hij het voorbeeld niet volledig had uitgewerkt. Hij gaf als reden dat hij te snel naar de algemenere regels was overgegaan: "omdat ik het zelf vroeger ook zo heb gehad" en "omdat ik graag zo volledig mogelijk wil zijn". Hij dacht nog dat hij veel vollediger overkwam als hij de zekere abstracte regels vertelde, in plaats van te vertrouwen op slechts twee voorbeelden. Toch werd Kalma steeds enthousiaster over de manier van lesgeven.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de meisjes beoordeelden een les die vanuit voorbeelden werd gegeven ondanks de onvolkomenheden hoger dan de jongens.

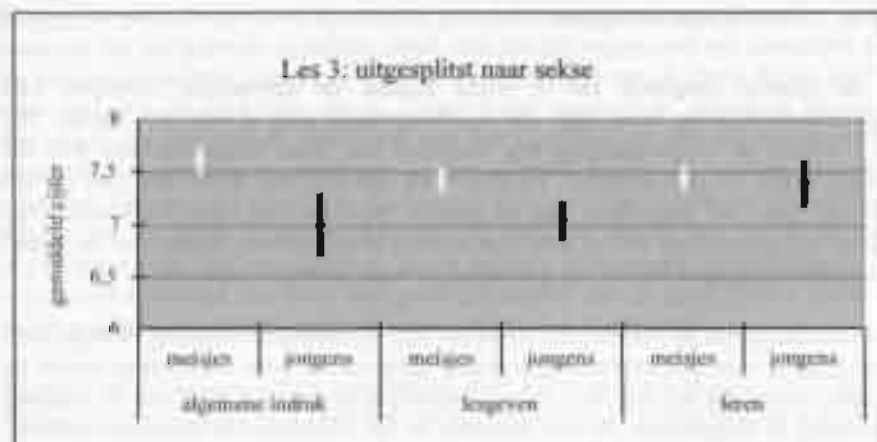
7.2.4 Grote lijnen weergeven

In de daarop volgende les 3 wilde Kalma de menselijke aspecten van systeemontwikkeling laten zien. De voorbespreking ging al een stuk sneller. Bij les 1 duurde de voorbespreking nog anderhalf uur, maar langzamerhand was dat teruggebracht tot drie kwartier. Daarbij werd ook nog een groot deel van de tijd gebruikt voor het bespreken van de sociale aspecten van onze werkomgeving. Kalma had prima door dat hij met voorbeelden moest komen, samen met de stapel sheets die hij al jaren bij dit vak gebruikte en waar niets mis mee was.

Als voorbeeld om de menselijke aspecten van systeemontwikkeling te laten zien koos Kalma voor een ziekteverzuimregistratiesysteem. Een werknemer moest de receptie bellen dat hij ziek was, deze receptie gaf de melding door aan de afdeling Personeel & Organisatie die het invoerde in het bijbehorende computersysteem. De ziekmelding moest vervolgens worden doorgegeven aan de leidinggevende van de zieke werknemer. Het systeem moest zo gemaakt worden, dat de directie statistieken over ziekteverzuim kon opvragen. Tijdens de les zou ook aandacht geschonken worden aan de verandering van kwaliteit van arbeid. Als voorbeeld nam Kalma dat door de komst van de pinautomaat op de bank, het werk van een balie-medewerker mogelijk veranderde. Bijvoorbeeld van geld uittellen naar het geven van reisadviezen, of het geven van voorlichting over hypotheek. Kalma zou er deze les extra opletten dat de voorbeelden gekoppeld zouden worden aan de grote lijnen. Een voorbeeld hiervan is: de operationele gebruikers van een systeem zijn de medewerkers van de afdeling Personeel & Organisatie, de functionele gebruikers zijn de leidinggevenden en een beleidsbepalende gebruiker is (bijvoorbeeld) de directie.

Tijdens les 3 gaf Kalma enthousiast alle voorbeelden. Hij vergat alleen aan het eind van de les de grote lijnen te geven; dus de voorbeelden koppelen aan de grote lijnen gebeurde helemaal niet. Aan het eind van de les had hij het wel over beleidsbepalende, functionele, operationele en passieve gebruikers. Bij het voorbeeld had hij echter niet genoemd welke gebruikers dit nu waren. Bij de nabespreking zei Kalma: "Nu geef ik alleen voorbeelden en geen grote lijnen. Ik sla door naar de andere kant". Hij zei het lachend, want hij had een goed gevoel over de les.

Splitsten we de beoordeling van les 3 uit naar sekse, dan zien we (figuur 7.14) dat in de categorie *algemene indruk* en het *lesgeven* de beoordeling van de meisjes aanzienlijk hoger is dan die van de jongens. Respectievelijk 0,6 en 0,4 punt. De beoordeling voor wat ze zelf *leren*, is nagenoeg even hoog bij de meisjes als bij de jongens. Uit de beoordelingen van deze les met teveel voorbeelden, of beter gezegd met te weinig grote lijnen, zien we dat de meisjes het begrijpen van het voorbeeld belangrijk vinden, terwijl jongens graag ook nog de grote lijnen willen zien. Maar, nogmaals, dat geldt meer voor de categorie *algemene indruk* en het *lesgeven* dan voor de beoordeling van wat de jongens *leren*. De beoordeling van het *leren* is bij de meisjes en jongens even hoog.



Figuur 7.14: les3 uitgesplitst naar sekse voor alle categorieën.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de jongens hadden meer dan meisjes behoefte aan de presentatie van de grote lijnen, terwijl meisjes juist het begrijpen van het voorbeeld aansprak.

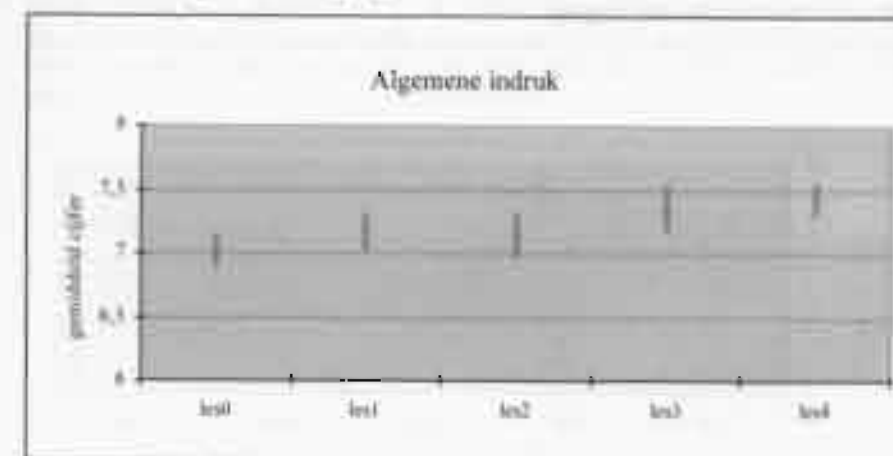
7.2.5 Meisjes leren vanuit voorbeelden

De laatste les van deze serie colleges werd besteed aan de vraag aan welke eisen een informatiesysteem moet voldoen.

Als voorbeeld koos Kalma voor het ontwerpen van een informatiesysteem van een uitzendbureau. Er moest een mailing worden rondgestuurd aan een lijst van adressen. De eerste opdracht luidde om een activiteitendiagram volgens de ISAC-methode te maken, zoals in les 1 geleerd was. In het activiteitendiagram moesten de *invoer*, de *uitvoer* en het *proces* worden aangegeven. In het gekozen voorbeeld was de invoer een brief en een adressenlijst, de uitvoer een brief die aan alle adressen moest worden verstuurd en het proces was het samenvoegen van de gemaakte brief en de adressenlijst. Na het geven van het voorbeeld volgde een vraag aan de studenten om zelf uit te werken: "Aan welke eisen moet dit systeem voldoen?" Toen tijdens college bleek dat de studenten deze vraag moeilijk vonden, herhaalde Kalma na enige tijd de vraag net andersom: "Waar word je verdrietig van als het niet goed gaat in het systeem? Dus welke eisen moet je stellen?" Al gauw kwam er een hele lijst eisen op het bord, zoals dat het programma moet doen wat de bedoeling is, dus betrouwbaarheid; het programma moet het snel doen, ofwel efficiënt; de invoer moet de juiste adressen bevatten, dus de gegevens moeten up-to-date zijn en relevant. Zo kwam een hele waslijst van kwaliteitseisen voort uit de 'verkapte' vraag "Hoe moet het systeem werken?" Voor de functionele eisen was dit ook het geval. Daar ging het eigenlijk om de vraag "Wat moet het systeem kunnen?" Hieruit volgden de technische eisen voor

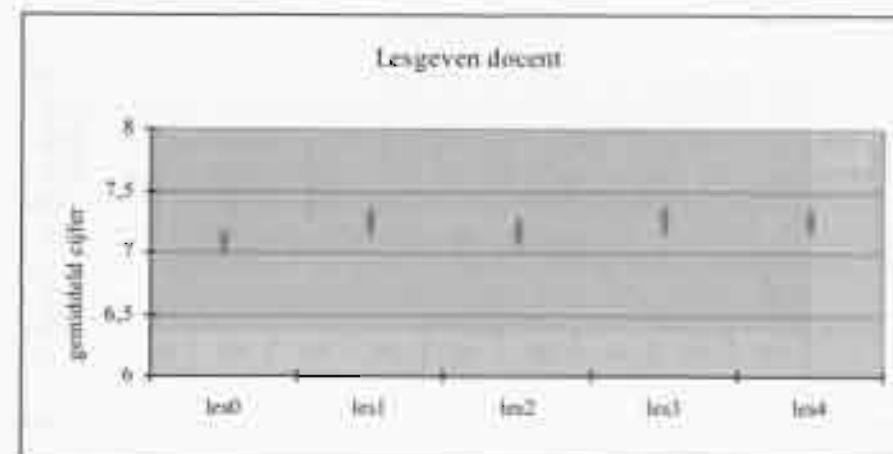
de vraag "Hoe kunnen we zulk een systeem bouwen?" Ofwel wat voor een computer moeten we aanschaffen, welke programmeertaal gaan we gebruiken, enzovoort. Deze afsluitende les van de colleges duurde wat korter dan de vorige lessen.

Bekijken we van alle lessen de *algemene indruk* van de hele groep, dan zien we (figuur 7.15) dat les 2 even hoog werd beoordeeld als les 1. Alle overige lessen werden steeds hoger beoordeeld dan de les ervoor. De stijging van de laatste les (les 4) ten opzichte van de eerste les (les 0) is $0,4 \pm 0,1$ punt. De statistische betrouwbaarheid dat het gevonden verschil niet op toeval berust is groter dan 99%, dus een significante stijging.



Figuur 7.15: de beoordeling van de categorie *algemene indruk* van alle lessen.

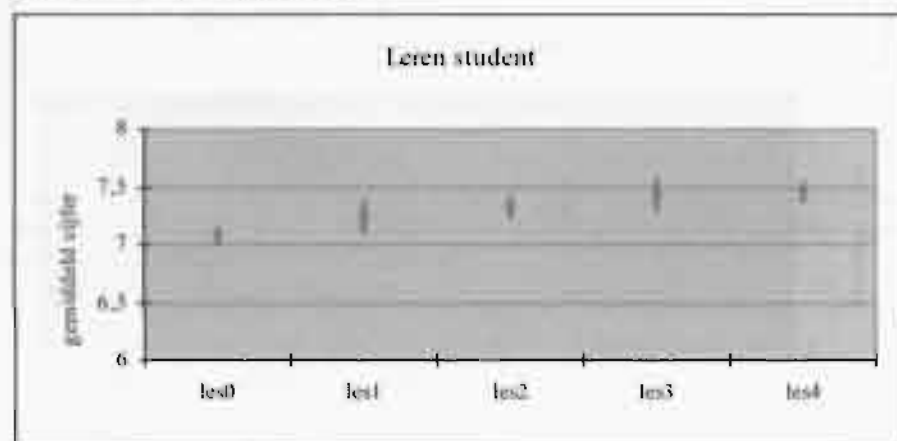
Bekijken we het verloop van de beoordeling van het *lesgeven*, dan zien we (figuur 7.16) een constante lichte stijging, behalve bij les 2 waar de docent zijn wanhoop mededeelde over de keuze van kleurgebruik bij het scheiden van de voorbeelden en



Figuur 7.16: de beoordeling in de categorie *lesgeven* van de docent bij alle lessen.

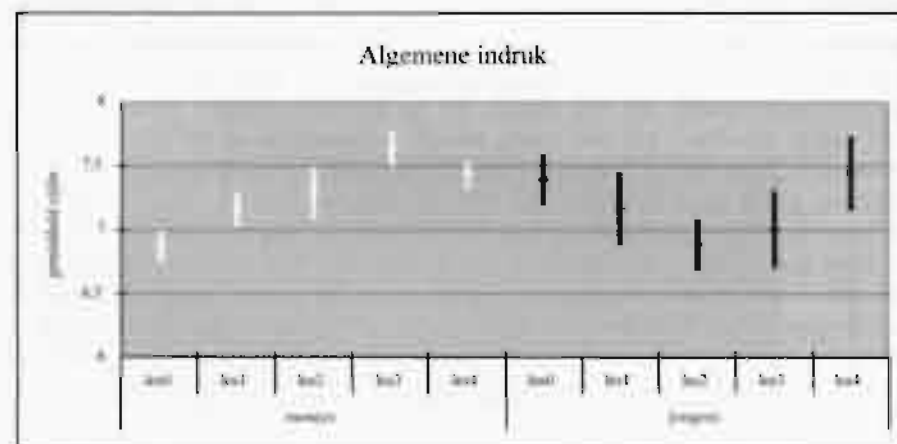
de grote lijnen. Het verschil tussen les 4 en les 0 is een lichte stijging, zo'n $0,2 \pm 0,1$ punt. De statistische betrouwbaarheid van het verschil is 95%, dus significant. Alle lessen zijn gegeven door dezelfde docent. De docent veranderde niet, vandaar waarschijnlijk dat de beoordeling van de studenten weinig verschilt. Een mogelijke verklaring voor de stijging is het feit dat de docent steeds enthousiaster werd.

De beoordeling van het *leren* van de student geeft een zelfde beeld (figuur 7.17) als de beoordeling van de *algemene indruk*, namelijk bij iedere les een lichte stijging. De totale stijging van les 4 ten opzichte van les 0 is hier $0,4 \pm 0,1$ punt met een statistisch betrouwbaarheidsniveau groter dan 99%. Dit betekent opnieuw een duidelijke significante stijging.



Figuur 7.17: de beoordeling van de categorie *leren* van de student bij alle lessen

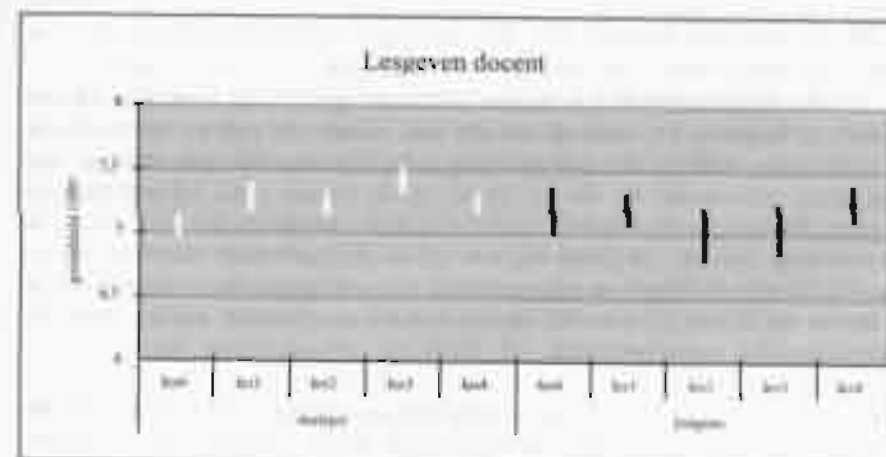
Splitsen we de beoordeling voor alle lessen per categorie uit naar sekse, dan zien we (figuur 7.18) dat meisjes en jongens deze manier van lesgeven anders ervaren.



Figuur 7.18: de algemene indruk van alle lessen uitgesplitst naar sekse

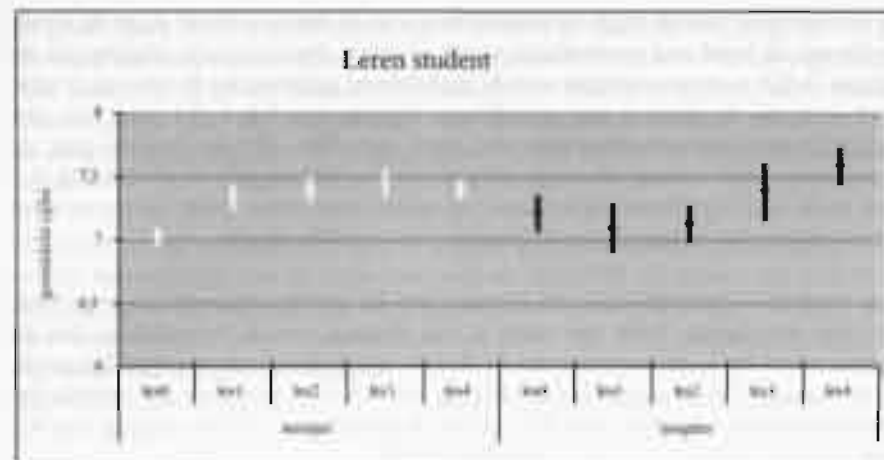
Bij de *algemene indruk* stijgt de beoordeling van de meisjes direct al na de eerste les die aan de hand van voorbeelden wordt gegeven. De maximale stijging van de meisjes is 0,8 punt ten opzichte van de traditioneel gegeven les 0. Van les 0 naar les 4 is er bij de meisjes een significante stijging van $0,6 \pm 0,1$ punt met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 99%. Bij de jongens gaat de beoordeling eerst omlaag alvorens weer te stijgen. De stijging is uiteindelijk 0,1 punt, maar niet significant. Wat vooral opvallend naar voren komt, is het verschil in beoordeling bij de meisjes en de jongens van dezelfde lessen.

Deze tendens in beoordeling komt overeen met die van de categorie *lesgeven*. Ook hier zien we (figuur 7.19) van meet af een stijging van de beoordeling van de meisjes vanaf les 1, de eerste les die de docent aan de hand van voorbeelden geeft. Bij de meisjes is er een significante stijging van $0,4 \pm 0,1$ punt met een statistische betrouwbaarheid van meer dan 99% en bij de jongens een lichte stijging van 0,1 punt.



Figuur 7.19: het lesgeven van de docent voor alle lessen uitgesplitst naar sekse

Ook bij de beoordeling van de studenten over wat ze zelf *leren* (figuur 7.20) tijdens de les, zie je een zelfde verloop: de beoordeling van de meisjes stijgt direct en bij de jongens daalt de beoordeling alvorens ook te stijgen. Toch gaat de beoordeling van het *leren* van zowel de meisjes als de jongens met 0,4 punt significant omhoog. De meisjes met $0,4 \pm 0,1$ punt en de jongens $0,4 \pm 0,2$ punt, beide met een statistisch betrouwbaarheidsniveau groter dan 99%. Zowel de meisjes als de jongens geven aan dat ze, als de docent na een les of vier het voorbeeldgestuurd lesgeven beheerst, meer leren.



Figuur 7.2B: de beoordeling van het leren uitgesplit naar sekse.

Bij het afsluitende gesprek was Kalma uitermate enthousiast over zijn nieuwe manier van lesgeven. Hij noemde het een heel *natuurlijke* manier van lesgeven. Op mijn vraag waarom hij dan op deze natuurlijke manier niet altijd al had lesgegeven, antwoordde hij dat hij les gaf op de manier zoals hij zelf had les gekregen. Hij zou na deze ervaring zeker zijn stijl veranderen. De verandering in voorbereiding van de les vond hij niet groot. Hij gebruikte dezelfde sheets waarmee hij al jaren les gaf en een voorbeeld was snel gevonden, want dat heb je als docent altijd wel in je hoofd. De les met die voorbeelden starten, vond hij achteraf eigenlijk vanzelfsprekend.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijnen: zowel de meisjes als de jongens gaven aan dat ze significant meer leerden als er goed voorbeeldgestuurd werd lesgegeven. De beoordeling van de meisjes steeg terstond als er aan de hand van voorbeelden werd lesgegeven en de beoordeling van de jongens steeg naar gelang de docent niet alleen de voorbeelden noemde, maar ook de grote lijnen van de leerstof duidelijk weergaf. De meisjes beoordeelden lessen die voorbeeldgestuurd werden gegeven hoger dan de jongens.

Dat ook jongens ervaren baat te hebben bij deze vorm van lesgeven, blijkt uit observaties bij een groep studenten die alleen uit mannen bestond.

7.2.6 Anti-didactische inversie: 'van achteren naar voren'

Bij de vorige resultaten van voorbeeldgestuurd lesgeven is vooral gekeken naar het verschil in beoordeling van meisjes en jongens. De beoordeling van meisjes bleek hoger te zijn dan die van jongens. Ook heb ik onderzoek gedaan bij een groep van veertig mannelijke studenten van de Informatica Opleiding van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden. Dit om aan te geven dat de lesmethode ook

jongens aanspreekt. Docent Jan van der Wal gaf de lessen in de programmeertaal Java. Ik geef de inhoud van de lessen hier niet weer, omdat deze lessen voorkennis van informatica veronderstellen. Slechts één voorbeeld wil ik noemen: om aan te tonen dat ook in deze context de docent het gevoel kreeg dat de les 'van achteren naar voren' moest worden gegeven.

Stel een computerprogrammeur wil een tekenprogramma schrijven. Het computerprogramma moet een heleboel verschillende wiskundige figuren als cirkels, driehoeken, vierkanten en veelhoeken kunnen tekenen en bewerken. Om de figuren te kunnen tekenen moeten de gegevens van al deze figuren opgeslagen worden. De structuur van de gegevens moet vooraf worden vastgelegd bij het maken van het computerprogramma.

Als een docent de datastructuur wil uitleggen die nodig is om de gegevens van de figuren op te slaan met behulp van supertype en subtypes, kan dat op de volgende manier.

- Het gemeenschappelijk supertype van alle figuren beschouw je als een abstract geheel. Je programmeert er niet de tekenroutine in, omdat verschillende soorten figuren een verschillende tekenroutine gebruiken.
- De kleur en de dikte van de lijn hebben alle figuren gemeenschappelijk. De gegevens die alle soorten figuren gemeenschappelijk hebben, sla je op in een supertype.
- Voor ieder soort figuur moet je een eigen tekenroutine programmeren. Dat gebeurt voor ieder soort figuur in een eigen subtype.
- Bij ieder soort figuur moet je andere gegevens opslaan om het te kunnen tekenen. Zo sla je bijvoorbeeld van een driehoek de punten op of van een cirkel het middelpunt en de straal. Per soort figuur sla je de benodigde gegevens op in verschillende subtypes.
- Ik teken verschillende soorten figuren: een blauwe driehoek door de drie hoeken te verbinden en een rode cirkel met een straal rond een middelpunt.

Vertellen we hetzelfde verhaal als boven 'van achteren naar voren' dan luidt dat als volgt.

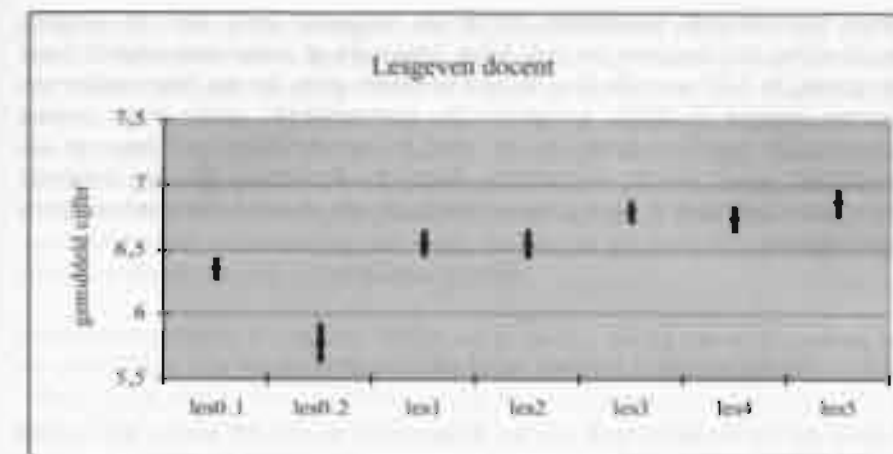
- Ik teken verschillende soorten figuren: een blauwe driehoek door de drie hoeken te verbinden en een rode cirkel met een straal rond een middelpunt.
- Bij ieder soort figuur moet je andere gegevens opslaan om het te kunnen tekenen. Zo sla ik bijvoorbeeld van een driehoek de punten op of van een cirkel het middelpunt en de straal. Per soort figuur sla je de benodigde gegevens op in verschillende subtypes.
- Voor ieder soort figuur moet je een eigen tekenroutine programmeren. Dat gebeurt voor ieder soort figuur in een eigen subtype.
- De kleur en de dikte van de lijn hebben alle figuren gemeenschappelijk. De gegevens die alle soorten figuren gemeenschappelijk hebben, sla je op in een supertype.
- Het gemeenschappelijk supertype van alle figuren beschouw je als een abstract geheel. Je programmeert er niet de tekenroutine in, omdat verschillende soorten figuren een verschillende tekenroutine gebruiken.

De eerste manier van uitleg vertelt de kennis van *boven af*. Eerst worden de abstracte zaken die voor alle figuren uit het supertype gelden genoemd; vervolgens wordt dat uitgesplitst naar verschillende soorten figuren in de subtypes. Ausubel (1964) noemde dat *superordinate learning*. Eerst wordt de abstractie genoemd, om deze daarna te illustreren met voorbeelden. Bij voorbeeldgestuurd lesgeven wordt de volgorde precies omgedraaid. Eerst worden voorbeelden gegeven van het tekenen van een driehoek met drie hoekpunten en een cirkel met middelpunt en straal. Deze gegevens worden daarna opgeslagen in het eigen subtype dat bij de verschillende soorten figuren behoort. Vanuit de voorbeelden blijkt dat alle soorten figuren dezelfde gegevens gebruiken, zoals kleur en dikte van de lijn die in het supertype opgeslagen worden. Om vanuit de voorbeelden de supertypes te vinden via *subordinate subsumption* is volgens Ausubel (1964) de beste manier van leren. Het staat uitvoerig beschreven in subparagraaf 4.6.2. Bij het leren kan er dan namelijk geleerd worden vanuit ideeën die relevant zijn voor de nieuwe begrippen en die voldoende verklarende waarde hebben om een volgend leren betekenisvol te laten verlopen, aldus Ausubel. Je voelt je bij het leren zekerder door uit te gaan van het bekende voorbeeld in de subtypes, om van daaruit de abstracte theorie te veronderstellen en vervolgens af te leiden in het supertype. Dat meisjes meer last van onzekerheid hebben dan jongens, bleek uit de cijfers in hoofdstuk 3. Vandaar de verwachte trend dat de beoordeling van meisjes meer stijgt dan die van jongens bij voorbeeldgestuurd lesgeven. De beoordelingen van jongens zullen natuurlijk ook stijgen als ze zich zekerder voelen. In de volgende subparagraaf presenteer ik resultaten van voorbeeldgestuurd gegeven colleges die alleen door jongens werden gevolgd.

7.2.7 Jongens leren ook graag voorbeeldgestuurd

Aan een groep van rond de 40 informaticastudenten die alleen uit jongens bestond, gaf Van der Wal een serie van zeven colleges. Van der Wal wist dat de essentie van het voorbeeldgestuurd lesgeven bij de voorbeelden lag. In de eerste les, die hij zelf had voorbereid, gaf hij dan ook veel voorbeelden. Na afloop van de eerste les mompelde een student naast mij bewonderend: "zo'n goede les hebben we dit jaar nog niet gehad". Toch was mijn indruk dat Van der Wal eerst de grote lijnen gaf en daarna pas de voorbeelden. De les kon dus aanzienlijk verbeterd worden door 'van achteren naar voren' les te gaan geven, zoals Kalma dat ervaren had. De tweede les die Van der Wal op zijn eigen manier gaf verliep analoog. De daarop volgende vijf lessen hebben we samen voorbereid. De resultaten van de zeven lessen bespreek ik aan de hand van de drie categorieën van het evaluatieformulier: de beoordeling van de *algemene indruk* van de les, de beoordeling van het *lesgeven* door de docent en de beoordeling van het *leren* van de studenten.

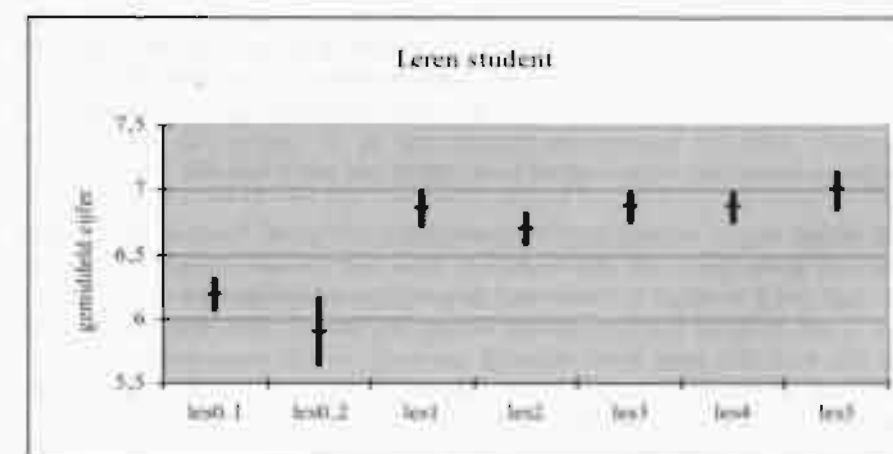
De beoordeling van de *algemene indruk* van de studenten bij de lessen die de docent traditioneel gaf was gemiddeld de eerste les (les 0.1) een 6,45 en de tweede les (les 0.2) een 5,77. Daarna volgde een enorme stijging naar les 1, die als eerste vanuit voorbeelden werd gegeven. De daaropvolgende lessen werden steeds hoger beoordeeld. De *algemene indruk* steeg van gemiddeld een $6,07 \pm 0,11$ van de eerste twee lessen naar een $6,86 \pm 0,10$ in les 5. Een significante stijging van 0,79



Figuur 7.21: de beoordeling van de categorieën *algemene indruk* en *lesgeven* van de docent.

$\pm 0,11$ punt met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 99%. De beoordeling van de categorie *lesgeven* maakte een analoge stijging door (zie figuur 7.21) van $6,11 \pm 0,15$ naar $6,88 \pm 0,10$. Ook hier is een significante stijging van gemiddeld $0,77 \pm 0,13$ punt (99%) van de gangbare lessen van de docent naar de lessen die voorbeeldgestuurd werden gegeven.

In de categorie *leren* was het verschil tussen de lessen die de docent zelf had voorbereid en de lessen die werden gegeven aan de hand van de methode nog duidelijker te zien (figuur 7.22). De stijging van $6,05 \pm 0,16$ naar $7,00 \pm 0,14$ geeft een significant verschil van $0,95 \pm 0,15$ (99%) punt. Deze mannelijke studenten beoordelen dus wat ze geleerd hebben tijdens de les met bijna een hele punt hoger. Dit is dus een overduidelijke stijging.



Figuur 7.22: de beoordeling van de categorie *leren* van de student.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: de jongens beoordeelden het lesgeven en hun leren hoger als er voorbeeldgestuurd werd lesgegeven. In 7.2.5 noemde ik al de geobserveerde grote lijn dat deze manier van lesgeven meisjes duidelijk aansprak. De geobserveerde grote lijnen samen rechtvaardigen het formuleren van de trend dat voorbeeldgestuurd lesgeven als leermethode goed wordt beoordeeld door de studenten. In de volgende subparagraaf bespreek ik punten van aandacht om aan de hand van voorbeelden te leren lesgeven.

7.2.8 Aandachtspunten bij leren voorbeeldgestuurd lesgeven

Tijdens de voorbesprekingen en het volgen van de lessen kwam een aantal aandachtspunten naar voren bij het leren van voorbeeldgestuurd lesgeven.

1. Een docent begint een les zonder dat hij de beginsituatie duidelijk aangeeft.
2. Een docent start de les met enthousiasme achter elkaar alle grote lijnen te geven.
3. Een docent gebruikt de zin "Straks zul je zien..." als hij pas na het geven van de grote lijnen een verduidelijkend voorbeeld zal geven.
4. De docent eindigt zijn les met voorbeelden.

Deze vier aandachtspunten licht ik toe met voorbeelden uit de lesvoorbereiding met Van der Wal.

Een docent begint soms de les zonder dat hij de (1) beginsituatie duidelijk aangeeft. Tijdens de voorbespreking werd de docent gedwongen de beginsituatie duidelijk weer te geven in plaats van ergens in zijn eigen gedachtewereld zomaar te beginnen. Na een licht wanhopige uitroep van mij "Waar heb je het over? Begin eens bij het begin", zei hij verontschuldigend lachend: "Misschien doe ik dat thuis ook wel." Niet alleen studenten begrijpen je niet als je zomaar ergens begint, maar anderen natuurlijk ook niet. Een docent zit zo goed in de stof, dat hij vergeet dat anderen daar niet zo mee bezig zijn. Het werd de docent al snel duidelijk dat als je begint met een voorbeeld je vanzelf de randvoorwaarden geeft waaronder het voorbeeld geldt. De aangenomen beginsituatie en de context van het probleem volgen op natuurlijke wijze door de les te starten met een voorbeeld.

Een docent begint enthousiast (2) achter elkaar alle grote lijnen te geven. Niet alleen de grote lijnen zelf zijn belangrijk, maar ook de samenhang. Vandaar dat het vaak nodig is vanuit het voorbeeld de grote lijnen tegelijkertijd uit te bouwen. Dan is een duidelijk bordgebruik van belang. Bij het vak Java, wat Van der Wal gaf, zijn vaak drie grote lijnen duidelijk aanwezig: je wilt weten welke *declaratie* je moet doen om de computer te vertellen welke gegevens er volgen, je moet de *implementatie* geven in de programmeertaal Java en je moet aangeven hoe de *aanroep* is van de verschillende programmaonderdelen. Iedere grote lijn uitbouwen op een deel van het bord lag voor de hand. Het bord werd dan ook verdeeld in vier kolommen. Een kolom voor het voorbeeld waarmee gestart werd en waar tijdens de les steeds naar werd verwezen. Verder voor iedere grote lijn een kolom: de declaratie, de implementatie en de aanroep. Tijdens de les werden

de kolommen steeds verder opgebouwd. Bij een andere les wilde Van der Wal het verschil laten zien tussen het gebruik van objecten bij een *array*, een *list* en een *hashtable*. Ook daar werd het bord in vieren gedeeld: voor het voorbeeld, het gebruik van het *array*, de *list* en de *hashtable*. Bij zo'n duidelijk bordgebruik staat aan het eind van de les de hele theorie ordentelijk op het bord. De studenten konden die gebruiken tijdens het maken van de oefeningen aan het eind van de les. Dit deden ze ook veelvuldig. De studenten vertelden dat ze meer hadden aan zo'n goed uitgewerkt voorbeeld op het bord, dan dat ze de grote lijnen langs zagen flitsen op sheets die ook in hun dictaat stonden.

Een docent gebruikt (3) de zin "Straks zul je zien..." als hij pas na het geven van de grote lijnen een verduidelijkend voorbeeld zal geven. Wantrouw de uitdrukking "straks zul je zien..." Het voorbeeld zal dan bijna altijd volgen na het geven van de grote lijnen. Van der Wal vertelde dat hij graag begon met de grote lijnen te vertellen, omdat hij niets wilde vergeten. Hij wilde zo volledig mogelijk zijn en dat kan alleen aan de hand van de abstracte grote lijnen waarin alles besloten ligt. Ook het tijdsaspect speelde daarbij een rol: "Met de grote lijnen kun je alles in één keer behandelen". Na de eerste voorbeeldgestuurde les had Van der Wal ervaren dat als het uitgewerkte voorbeeld op het bord stond, hij daarna heel vlot de grote lijnen kon aangeven. Door vervolgens met nog een voorbeeld de overeenkomsten en verschillen te bespreken, was hij verrassend snel klaar. Het kostte hem tot zijn verbazing niet meer tijd om, zonder haast, aan de hand van voorbeelden les te geven. Hij vond het zoeken naar en bespreken van die concrete relevante voorbeelden nog leuk ook.

De docent (4) eindigt zijn les met voorbeelden. Bij de voorbespreking begon Van der Wal steeds te vertellen wat de grote lijnen waren die hij wilde behandelen. De ene vraag die ik steeds herhaalde "Heb je ook een voorbeeld? Het liefst een nuttig" werkte gelukkig op zijn lachspieren. Te moeten beginnen met voorbeelden gaf hem echt het gevoel om 'van achteren naar voren' les te geven. Aan het eind van een voorbespreking stond de bordindeling in keurige kolommen op papier met het voorbeeld en de grote lijnen. Bij het zien daarvan riep Van der Wal lachend "Dit is leuk!" Van der Wal kent genoeg leuke voorbeelden die aanspreken, ook in de techniek.

De ervaring in het HBO met het geven van voorbeeldgestuurde lessen, is dat de docenten na een les of vier het voorbeeldgestuurd lesgeven aardig onder de knie hadden. De duur van de voorbesprekingen voor hoorcolleges van tweemaal drie kwartier varieerden van de eerste keer zo'n anderhalf uur tot de laatste keer een half uur. De docenten hadden er geen enkel probleem mee om voor de start van iedere les een concreet relevant voorbeeld te vinden.

Ondanks de vele leuke voorbeelden in de techniek kiezen maar weinig leerlingen voor een technische studie. De keuze van een technische studie is mogelijk na het kiezen van de exacte vakken in de basisvorming. Om te onderzoeken of voorbeeldgestuurd lesgeven ook in de basisvorming hogere beoordelingen krijgt, is onderzoek gedaan in HAVO-3 klassen bij het vak natuurkunde. De resultaten daarvan zijn weergegeven in de volgende paragraaf.

7.3 Effect van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3

De verwachting is dat voorbeeldgestuurd lesgeven het duidelijkst resultaat geeft bij de lessen in exacte vakken aan meisjes. Vandaar dat er in het voortgezet onderwijs gezocht is naar een docent natuurkunde die voorbeeldgestuurd lesgeven wilde uitproberen. Op de Woudschotenconferentie in Noordwijk, waar een paar honderd natuurkundeleraars ieder jaar in december over didactiek praten, ben ik in contact gekomen met een docent die natuurkunde geeft in het studiehuis van het Christelijk Scholengemeenschap Comenius te Leeuwarden. Hij gaf in het studiehuis echter nauwelijks klassikaal les, dus hij kon de lesmethode niet zelf uitproberen. Vandaar dat hij zijn collega Gerben van Hes heeft gevraagd aan het onderzoek mee te doen. Van Hes bleek direct bereid om de methode uit te proberen. Hij stond open voor vernieuwing en zeker voor mogelijke verbetering van zijn lessen.

Het onderzoek vond plaats gedurende een half jaar, van februari tot juni 2002. Van Hes gaf aan twee HAVO-3 klassen natuurkunde. Op maandag en donderdag gaf hij les aan h3a en op dinsdag en vrijdag aan h3e. De opzet van het exploratief onderzoek zou als volgt zijn.

- Van Hes zou alle lessen zelf geven.
- De onderzoeker zou aanwezig zijn tijdens alle lessen natuurkunde aan de klassen h3a en h3e.
- De evaluatieformulieren werden aan het eind van iedere les uitgedeeld door de onderzoeker, ingevuld door de leerlingen en terstond weer verzameld.
- De eerste twee weken zou Van Hes traditioneel lesgeven, zonder dat de resultaten meetelden voor het onderzoek. Dit gebeurde zo om de leerlingen te laten wennen aan de aanwezigheid van de onderzoeker en het moeten invullen van de evaluatieformulieren bij de natuurkundeles.
- Van Hes zou de lessen eerst geven in de ene klas zoals hij al jaren gewend was. Daarna zouden we tijdens een bespreking deze les aanpassen aan voorbeeldgestuurd onderwijs, om het effect te kunnen meten. Vervolgens zou Van Hes de aangepaste les geven aan de andere klas.
- De onderzoeker noteerde tijdens de les de gang van zaken. Daarbij werd, naast de lesinhoud, gelet op de interactie tussen de docent en de leerling(en). Om de genderspecifieke onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, werd genoteerd aan wie de docent een vraag stelde: aan een meisje, aan een jongen of in het algemeen. Bij de spontane reacties van de leerlingen werd genoteerd of het een meisje was die reageerde op de inhoud van de les, een jongen of een hele groep leerlingen.
- Als controle werden aan het begin, halverwege en aan einde van het halfjaar onderzoek lessen vergeleken waarbij geen aanpassingen waren gemaakt, het waren *dezelfde* lessen. De resultaten daarvan zouden van beide klassen gelijk moeten zijn met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van 95% of meer.

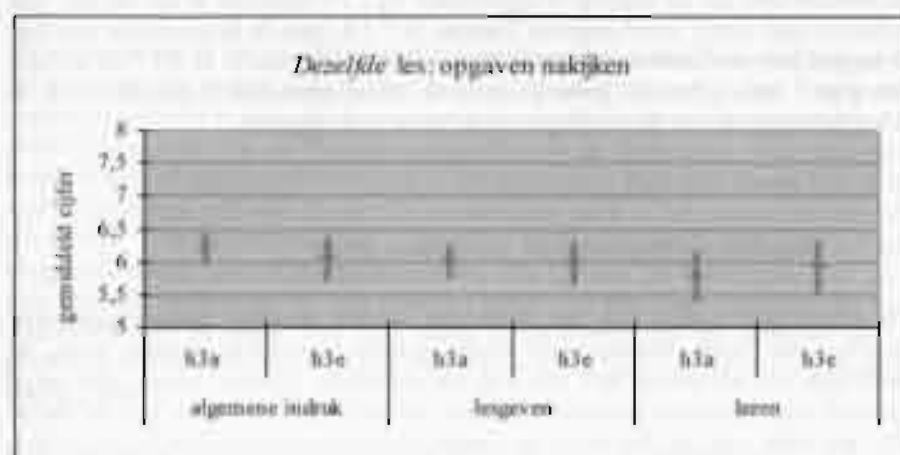
In 7.3.1 worden de resultaten van de beoordeling van lessen waarbij geen verandering werd aangebracht besproken. Vervolgens worden de resultaten gepresenteerd van lessen, waarbij in de herhaling wel veranderingen werden aangebracht. De verandering is in 7.3.2 dat tijdens de herhaling de les meer vanuit

de onzekerheid van de leerling is opgebouwd. In 7.3.3 bespreek ik een les die 'van achteren naar voren' werd gegeven. Daarna, in 7.3.4, toon ik de resultaten van stap 3: koppel het voorbeeld aan de grote lijnen. Vervolgens laat ik in 7.3.5 de invloed van stap 7 zien: plaats de grote lijnen in de ervaringswereld. Tenslotte wordt in 7.3.6 de interactie van de leerlingen en de leraar weergegeven.

7.3.1 Traditioneel lesgeven door een ervaren leraar

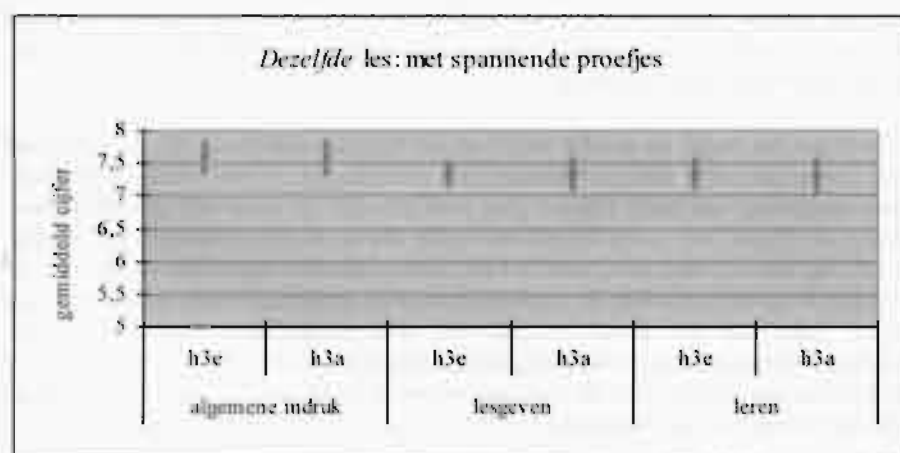
De eerste twee weken van het onderzoek werden dezelfde natuurkundelessen gegeven aan beide klassen. Het waren gewone natuurkundelessen, zoals de leerlingen die het eerste half jaar van dat schooljaar gewend waren. Het enige verschil was dat er een onderzoeker achter in het lokaal aanwezig was en dat er aan het eind van de les werd gevraagd een evaluatieformulier in te vullen. Sommige leerlingen vulden in de eerste lessen de formulieren een beetje angstig in, alsof ze het gevoel hadden dat ze de leraar gingen beoordelen en dat daar consequenties aan konden worden verbonden. Zowel de onderzoeker als de leraar benadrukten dat de leerlingen op de evaluatieformulieren konden invullen wat ze vonden. Het invullen gebeurde anoniem en het zou geen enkele consequentie hebben, noch voor de leraar noch voor henzelf. In beide klassen was de sfeer goed. Dit bleek ook uit de opmerkingen op het evaluatieformulier bij een aantal meisjes: "Van Hes is trots op ons". Zoals al is aangekondigd bij de opzet van het onderzoek, zijn de resultaten van de eerste weken waarin de leraar traditioneel les gaf niet meegerekend in het onderzoek. Pas de derde week werd er met het eigenlijke onderzoek begonnen, dus nadat iedere leerling al vier keer een evaluatieformulier had ingevuld.

Zowel aan het begin als aan het eind van het halfjaar onderzoek zijn de resultaten van lessen aan beide klassen waaraan niets werd aangepast met elkaar vergeleken. De beoordeling van beide klassen ging over *dezelfde* les maar wel met een andere groep leerlingen, een ander lokaal, een ander uur en andere invloeden van buiten. Toch zou dit een nagenoeg zelfde beoordeling moeten opleveren als je met de resultaten van het ontwikkelde evaluatieformulier onderzoek wilde gaan doen. Dat bleek inderdaad het geval te zijn. De drie categorieën waarover op het evaluatieformulier vragen werden gesteld, *algemene indruk* van de les, *lesgeven* door de leraar en *leren* van de leerling werden door h3a en h3e gelijk beoordeeld met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 95% (zie figuur 7.23).



Figuur 7.23: de beoordeling van een les aan h3a en dezelfde les aan h3e.

Bij een les met een volstrekt andere inhoud werd de volgorde van de klassen waaraan de les werd gegeven omgedraaid: eerst werd de les gegeven aan h3e en de daarna aan h3a. Ook daar bleek de beoordeling van beide klassen van *dezelfde* les gelijk te zijn met een statistische betrouwbaarheid van meer dan 95% (zie figuur 7.24).

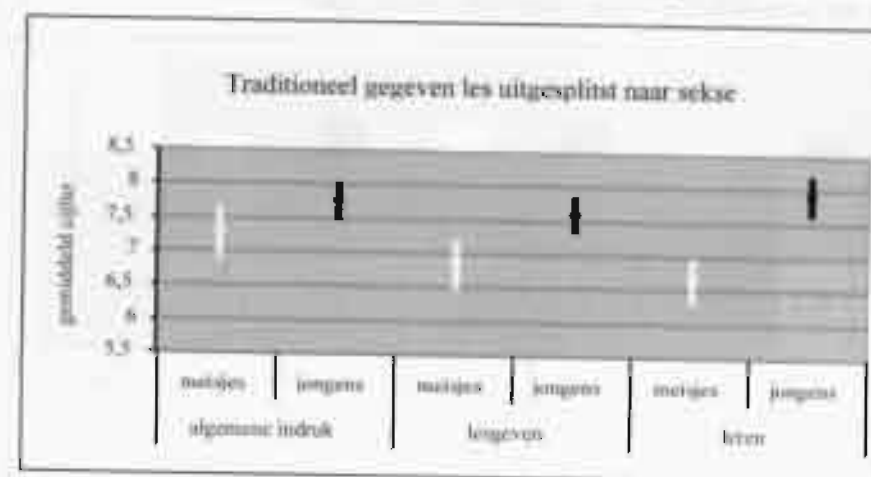


Figuur 7.24: de beoordeling van een les eerst gegeven aan h3e en *dezelfde* les aan h3a.

Aan het beoordelingsverschil tussen beide lessen is duidelijk te zien dat het om een geheel andere les gaat. Bij de les die is weergegeven in figuur 7.23 ligt de beoordeling van beide klassen in alle drie de categorieën rond de 6, en bij de les die is weergegeven in figuur 7.24 ligt de beoordeling van beide klassen rond de 7.5. De eerste beoordeling gaat over een les waarbij opgaven werden behandeld en de tweede beoordeling gaat over een les waarbij spannende proefjes werden getoond, zoals het doorslaan van de bliksem. Bij deze inhoudelijk sterk wisselende

natuurkundelessen kun je dus niet verschillende lessen met elkaar vergelijken, maar wel kun je de les met zijn herhaling onderling vergelijken.

Splitsen we de beoordeling van de les uit naar sekse, dan komen we bij een les die op de traditionele manier wordt gegeven steeds hetzelfde patroon tegen dat de beoordeling van de jongens hoger is dan de beoordeling van de meisjes (zie figuur 7.25). Dat geldt voor de beoordeling voor alle drie de categorieën *algemene indruk*, *lesgeven* en *leren*. Dit genderspecifieke beoordelingspatroon komt steeds voor bij traditioneel gegeven lessen, of de les nu hoog of laag wordt beoordeeld.



Figuur 7.25: de beoordeling van een traditioneel gegeven les uitgesplitst naar sekse.

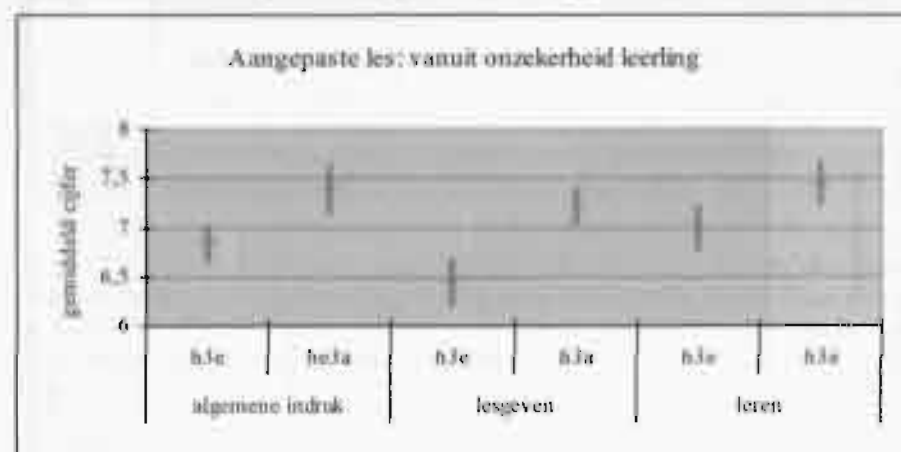
Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijnen: alleen lessen met dezelfde inhoud mogen worden vergeleken. Bij lessen die traditioneel werden gegeven was de beoordeling van de jongens hoger dan de beoordeling van de meisjes in alle drie de categorieën *algemene indruk*, *lesgeven* en *leren*.

7.3.2 Uitgaan van de onzekerheid van de leerling

Bij een practicumles is de beoordeling van de leerlingen meestal hoog. Dit bleek ook al in de vorige subparagraaf. Leerlingen beoordelen lessen die bestaan uit het nakijken van als huiswerk opgegeven opgaven veel lager. Bij de opmerkingen op het evaluatieformulier worden deze lessen vaak met *saai* aangeduid. De les kan echter veel boeiender gemaakt worden door niet van het goede antwoord op de vraag uit te gaan, maar van de onzekerheid van de leerling. Dat kun je als leraar bereiken door bij iedere opgave in plaats van te vragen "wat komt eruit?" te vragen "hoe heb je het aangepakt?" Zo wordt onderstreept dat niet het antwoord het belangrijkste is, maar de manier waarop de leerling aan het antwoord is gekomen. Er wordt dus vooral geleerd tijdens het uitvoeren van een opdracht of taak. Dit is de constructivistische benadering van leren. Bij klassikaal onderwijs is

het daarbij mogelijk dat de leraar eventuele ontstane misconcepties in mentale voorstellingen van de leerling helpt voorkomen.

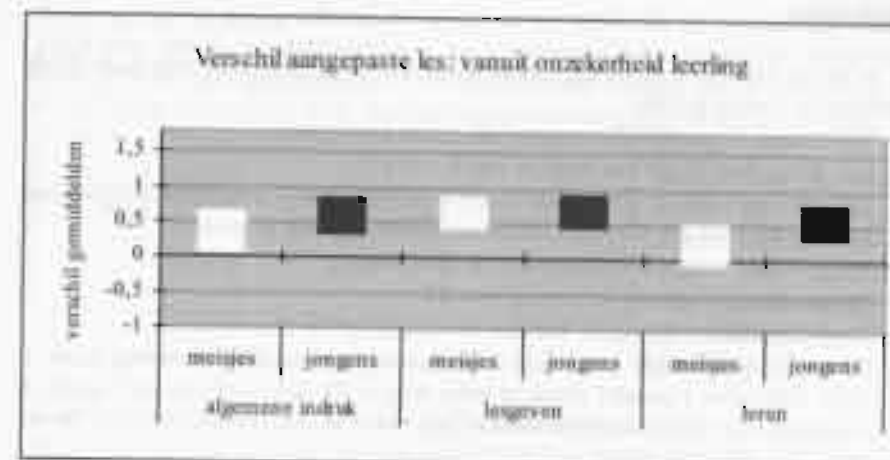
Bij een les waar opgaven werden nagekeken, hadden we afgesproken dat tijdens de eerste les de leraar de leerlingen om de beurt zou vragen "wat komt eruit?". Als het antwoord van de leerling niet correct was, zou de opgave door de leraar worden besproken. De meeste opgaven werden tijdens de les alsnog helemaal op het bord uitgewerkt. Tijdens de aangepaste les stelde de leraar de vraag: "hoe heb je het aangepakt?" Bij de resultaten van de leerlingen in figuur 7.26 is duidelijk te zien dat de beoordeling in alle categorieën omhoog gaat.



Figuur 7.26: de beoordeling waarbij de aangepaste les werd gegeven vanuit de onzekerheid van de leerling.

Bij de nabespreking van de les vertelde de leraar dat hij blij was niet alleen naar het antwoord te hebben gevraagd, maar ook naar de mentale voorstelling van de leerling. Een leerling moest bijvoorbeeld de vraag beantwoorden welke energieomzetting er plaatsvindt als het zonlicht op zonnepanelen valt. De leerling antwoordde: "Dat is een omzetting van zonne-energie naar beweging, dus kinetische energie...". De leraar keek verbaasd, want hij kon zich niet voorstellen dat de leerling verwachtte dat de op het dak vastgeschroefde zonnepanelen zouden gaan bewegen. De leerling vervolgde met de uitleg hoe hij er aan kwam "...want door de zonne-energie gaan de elektronen in de zonnepaneel bewegen, vandaar dus bewegingsenergie die je ook wel kinetische energie noemt". De leraar legde vervolgens deze leerling en zijn klasgenoten uit dat de elektronen inderdaad gaan bewegen door de zonne-energie, en dat daardoor een elektrische stroom ontstaat. Een elektrische stroom kan een elektrisch apparaat laten werken en wordt daarom gerekend tot elektrische energie. De energieomzetting van de zon op de zonnepanelen is dus van zonne-energie naar elektrische energie. De correcte voorstelling van de leerling moest nog worden aangevuld met de constatering dat de energie van de elektronen niet werd geleverd doordat hun beweging een kracht kon uitvoeren, maar doordat ze samen een elektrische stroom vormden. Door uit te gaan van de onzekerheid van de leerling werd op deze manier een mentale voorstelling aangevuld en daardoor een mogelijke *misconceptie* voorkomen.

De verschillen in gemiddelde beoordelingen van deze lessen, uitgesplitst naar sekse zijn weergegeven in figuur 7.27. De beoordelingen van zowel de meisjes als de jongens gaan omhoog met rond de $0,6 \pm 0,2$ punt. De statistische betrouwbaarheid is in de categorie *algemene indruk* bij de meisjes 91% en de jongens 98%, in de categorie *lesgeven* bij zowel de meisjes als de jongens meer dan 99% en in de categorie *leren* bij de meisjes 59% en de jongens 97%. De beoordeling van de meisjes in de categorie *leren* blijft achter.



Figuur 7.27: het verschil in gemiddelde beoordeling uitgesplitst naar sekse waarbij de aangepaste les uitging van de onzekerheid van de leerling.

Tijdens de nabespreking vertelde de leraar dat hij soms de neiging heeft direct naar het antwoord te vragen, omdat hij verwacht anders in tijdnood te komen aan het bespreken van de opgaven. Het tijdsverschil bleek echter gering te zijn. Bij de eerste les, waarbij hij alleen naar het antwoord vroeg, resteerde 12 minuten van de les. De leerlingen mochten deze tijd besteden aan het maken van hun huiswerk. De aangepaste les duurde zo'n 7 minuten langer; dat was dus gemakkelijk in de les op te vangen. Tijdens het nakijken van de als huiswerk gemaakte opgaven, werden nu zaken verteld door de modelleerlingen en de leraar waar je nog iets van kon leren. De spontaan genoteerde opmerking *zaai* bij een eerdere les die uit hoofdzakelijk nakijken van opgaven bestond, kwam dan ook niet meer voort op de evaluatieformulieren van de les. Mogelijke misconcepties in een mentale voorstelling werden door de leraar ondervangen.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de benadering, waarbij werd uitgegaan van de onzekerheid van de leerling kreeg een significant hogere beoordeling van zowel de meisjes als de jongens.

7.3.3 Anti-didactische inversie

Eén van de essentiële punten van de methode is dat je niet achteraf een voorbeeld geeft maar aan het begin van de les. Veel docenten ervaren dat als 'van achteren

naar voren' lesgeven. De anti-didactische inversie (zie 3.4.4) verklaar ik door te veronderstellen dat leraren liever vanuit hun eigen zekerheid deductief lesgeven, dan uitgaand van de onzekerheid van de leerling inductief lesgeven. Als voorbeeld noem ik een practicumleiding waarbij tijdens de herhaling van de les 'van achteren naar voren' werd lesgegeven. De leraar begon de les met een uitleg wat de leerlingen tijdens het practicum moesten doen. De uitleg was niet zo lang, een minuut of 10. Daarna volgde bij beide klassen een enthousiast uitgevoerde practicumles.

Bij de eerste les hilde de uitleg van de leraar als volgt (hieronder wordt de uitleg puntsgewijs weergegeven).

- We kunnen de soortelijke warmte van water berekenen.
- Een pompelaar levert een energie van $E = P \times t$.
- Het vermogen dat de pompelaar levert staat erop, als je tenminste de spanning goed op 15 Volt zet. De tijd kunnen we meten met een stopwatch.
- We gaan het water verwarmen met de pompelaar.
- De opgenomen warmte is $Q = c \times m \times \Delta T$.
- Een temperatuurstijging ΔT kunnen we meten met de thermometer.
- De soortelijke warmte van water is de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 gram water met 1 graad Celsius te laten stijgen. De hoeveelheid van 1 gram is te weinig om goed te kunnen meten. Dus neem je een kopje vol, zo'n 200 ml dat is dus 200 gram water.
- We willen vandaag de soortelijke warmte c van water nameten. Die kunnen we bepalen doordat de opgenomen energie van het water gelijk is aan de afgestane energie van een pompelaar.

Terwijl de leraar sprak, schreef hij de twee formules op het bord (zie figuur 7.28). Steeds als hij een grootheid noemde die bepaald kon worden, zette hij er een streep onder. Uiteindelijk bleef alleen de soortelijke warmte c over zonder streep die je met behulp van de beide formules kon berekenen. Want de energie E die werd afgestaan door de pompelaar was gelijk aan de opgenomen energie Q door het water.

$$E = P \times t$$

$$Q = c \times m \times \Delta T$$

Figuur 7.28: het bord na de eerste uitleg.

Bij de herhaling van de les aan h3a bracht de leraar de uitleg 'van achteren naar voren'. Hieronder geef ik het opnieuw puntsgewijs weer.

- We willen vandaag de soortelijke warmte c van water nameten. Die kunnen we bepalen doordat de opgenomen energie van het water gelijk is aan de afgestane energie van een pompelaar.
- De soortelijke warmte van water is de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 gram water met 1 graad Celsius te laten stijgen. De hoeveelheid van 1 gram is te weinig om goed te kunnen meten. Dus neem je een kopje vol, zo'n 200 ml dat is dus 200 gram water.
- Een temperatuurstijging ΔT kunnen we meten met de thermometer.

- De opgenomen warmte is $Q = c \times m \times \Delta T$.
- We gaan het water verwarmen met de pompelaar.
- Het vermogen dat de pompelaar levert staat erop, als je tenminste de spanning goed op 15 Volt zet. De tijd kunnen we meten met een stopwatch.
- Een pompelaar levert een energie van $E = P \times t$.
- We kunnen (nu) de soortelijke warmte van water berekenen.

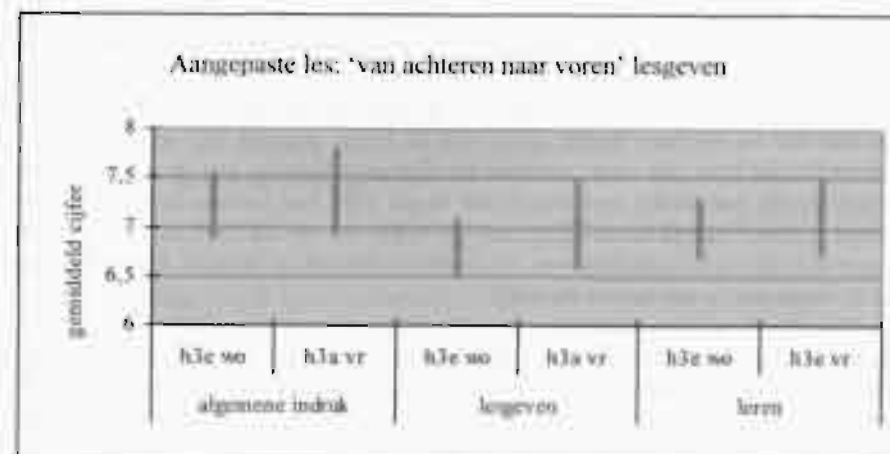
Analoog aan de uitleg schreef de leraar op het bord dat de opgenomen energie gelijk was aan de afgestane energie. De opgenomen energie van het water werd, zoals gebruikelijk, genoteerd met Q en de afgestane energie van de pompelaar met E . De leraar gaf ook nu weer aan welke grootheden gemeten konden worden (zie

| | | |
|------------------------------|---|--------------------------------|
| opgenomen energie water | = | afgestane energie pompelaar |
| Q | = | E |
| $c \times m \times \Delta T$ | = | $P \times t$ |

Figuur 7.29: het bord na afloop van de aangepaste les.

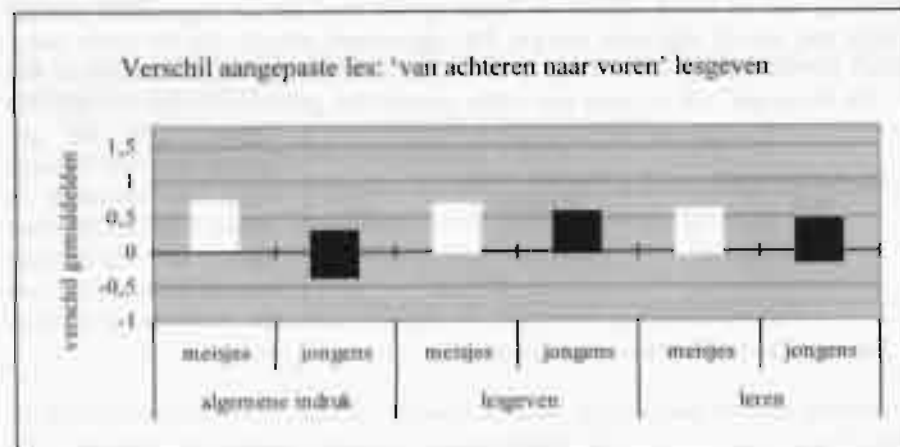
figuur 7.29). Dit gebeurde door een streepje onder de afkorting te zetten. Uiteindelijk bleef weer de soortelijke warmte c als enige over die berekend kon worden.

Voor alle drie de categorieën was de beoordeling van deze practicumles bij de herhaling iets hoger dan bij de oorspronkelijke les (zie figuur 7.30). Niet heel veel, maar de tijd en dus de invloed van de korte uitleg aan het begin van een practicumles was slechts heel beperkt. Daarna werd in beide klassen enthousiast practicum gedaan. Dat er enig glaswerk sneuvelde ging niet expres, maar maakte het practicum wel spannender. Het zelf practicum doen, bepaalde zo voor een groot deel de algemene indruk van de les en niet de korte uitleg van de leraar aan het begin van de les.



Figuur 7.30: de beoordeling van de practicumles en de aangepaste les.

Het verschil in gemiddelde van de beoordeling uitgesplitst naar sekse van beide lessen is bij de meisjes weer hoger dan bij de jongens (zie figuur 7.31). In de categorie *algemene indruk* scoren de meisjes in de aangepaste les significant hoger dan in de oorspronkelijke les, want het gehele betrouwbaarheidsinterval ligt boven de 0. Bij de jongens is de beoordeling van beide lessen voor die categorie gelijk. In de categorie *lesgeven* beoordelen zowel bij de meisjes als de jongens de aangepaste les iets hoger. In de categorie *leren* ook.



Figuur 7.31: de beoordeling van de practicumles en de aangepaste les uitgesplitst naar sekse

Na afloop van de herhaling van deze practicumles vroeg de leraar aan mij "Was dit de bedoeling?" Ik antwoordde "Ja, maar wat vond je er zelf van?" De leraar zei dat hij het op deze manier veel prettiger vond lesgeven. Minder formalistisch en meer op zijn gevoel. In de oorspronkelijke les nam hij de formules die de leerlingen moesten gaan gebruiken als uitgangspunt. Terwijl hij de aangepaste les opbouwde vanuit wat er gebeuren moest. De amanuensis, die de practicumspullen aan het opruimen was, hoorde onze bespreking. Zonder dat de amanuensis iets wist over het doel waarmee ik achter in de klas de les bijwoonde, vertelde hij spontaan dat hij bij deze laatste uitleg van de leraar geboeid had staan luisteren. Dat overkwam hem niet vaak, vertelde hij. Dat de resultaten van de leerlingen bij de aanpassing van de les niet significant hoger zijn, zou kunnen komen door de geringe invloed van de korte uitleg aan het begin van de les. Ook zou het kunnen komen doordat de beoordeling van een practicumles zelf al hoog is. De opmerking van de amanuensis was echter duidelijk.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: als je vanuit de voorbeelden wilt overbrengen wat de bedoeling is, komt dat voor sommige leraren over als 'van achteren naar voren' lesgeven, maar de les komt dan wel boeiender over volgens een objectieve ervaren toehoorder.

7.3.4 Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen

Een belangrijke stap van voorbeeldgestuurd lesgeven is stap 3: koppel het voorbeeld aan de grote lijnen. Stap 3 van de leermethode wordt in de leermethode door twee stappen weergegeven: verwoord de voorbeelden en deel de verwoording op in kleinste mogelijke zinnen zonder informatieverlies. Tijdens stap 3 van de leermethode moet de leraar dus met de kleinste mogelijke stappen het voorbeeld beschrijven en de grote lijnen daarvan afleiden. Als voorbeeld van deze stap van de methode bespreek ik een natuurkundeles waarbij het begrip arbeid wordt uitgelegd.

De leraar begon de les met het pakken van een stoel en vroeg een leerling daarop plaats te nemen. Hij vroeg aan de klas, terwijl hij de stoel met de leerling erop een meter voortsleepte: "Ik moet een bepaalde hoeveelheid arbeid leveren om deze stoel met leerling een meter vooruit te slepen. Hoeveel arbeid moet ik leveren als ik de combinatie 3 meter vooruit te slepen?" De leraar sleepte vervolgens de stoel met leerling het hele lokaal door, wat grote hilariteit in de klas tot gevolg had. Het antwoord op de vraag werd door vele leerlingen gegeven: "Drie keer zo veel!" Daarna pakte de leraar nog een stoel en vroeg een andere leerling daarop plaats te nemen. De leerling op de eerste stoel moest de stoel met de andere leerling erop goed vasthouden. De leraar begon vervolgens deze trein van twee stoelen voort te slepen. "Als ik nu twee combinaties van stoelen en mensen 1 meter moet voortslepen, hoeveel energie kost dat dan in vergelijking met als ik één combinatie voortsleep?" Weer was het antwoord snel gegeven "twee keer zo veel". "En als ik twee stoelen 3 meter moet slepen?" Ook die vraag werd in koor door de leerlingen goed beantwoord met "6 natuurlijk!" Terwijl de leraar naar het bord liep, zei hij "dus als de kracht 2x zo groot wordt, moet ik 2x zoveel arbeid verrichten. En als de afstand 3x zo groot wordt, moet ik 3x zoveel arbeid verrichten. Dat kunnen we

| | | | |
|--------|---|-------------|---------|
| arbeid | = | kracht | afstand |
| W | = | $F \cdot s$ | |

Figuur 7.32: het bord na afloop van de les.

mooi in een formule zetten. We wisten al dat we de arbeid aangeven met W , de kracht met F en de afgelegde afstand met s . En hij schreef op het bord $W = F \cdot s$ (zie figuur 7.32).

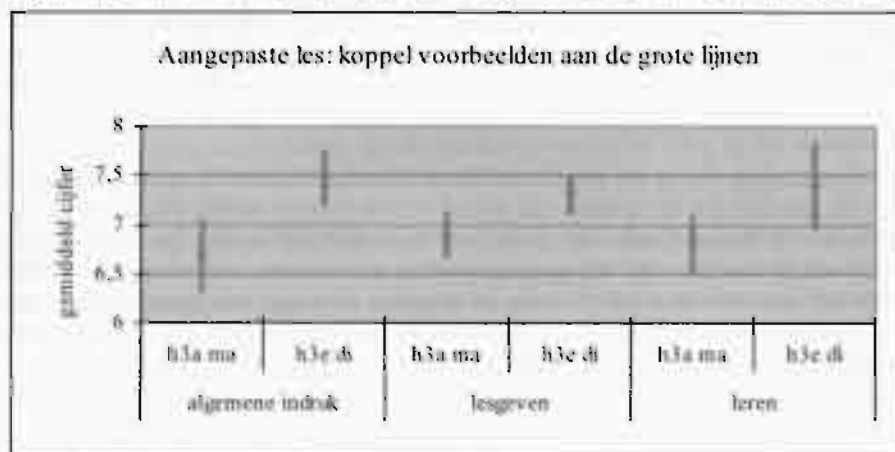
Bij de herhaling van de les werd hetzelfde eenvoudige voorbeeld van leerlingen op stoelen gebruikt om het leveren van arbeid voor te kunnen stellen. Bij de herhaling gebruikte de leraar, tijdens het geven van het voorbeeld, echter het bord (figuur 7.33) om de essentie van wat gezien werd op te schrijven. De belangrijke zaken voor het leveren van arbeid werden in woorden als kopje van kolommen op het bord geschreven, namelijk de kracht die nodig was en de afgelegde afstand. Daar onder werd de eenheid waarmee dat ging gebeuren, genoteerd: voor de benodigde kracht waren dat stoelen met een leerling erop en de afgelegde afstand in meters. Op het bord werd ingevuld dat je voor het slepen van 1 stoel over 1 meter 1 bepaalde kracht nodig had. Daarna werd op het bord aangegeven dat hij het slepen

| arbeid | kracht (stoel met leerling) | afstand (meter) |
|--------|-----------------------------------|--------------------|
| 3x | 1 | 3x |
| 2x | 2x stoel | 1 |
| 6x | 2x | 3x |
| W | = F x s | v |

Figuur 7.33: de uitwerking op het bord om de voorbeelden te koppelen aan de grote lijn (formule).

laatste werden de afkortingen van arbeid, kracht en afgelegde afstand in de kolommen genoteerd en de vraag gesteld of de leerlingen wellicht een handige formule voor arbeid konden weergeven. Dat lukte gemakkelijk: $W = F \times s$. Tijdens deze herhaling van de les was er nauwelijks verschil aanwezig met de eerste les, behalve dat de essentie van het voorbeeld op het bord stond. Tijdens het overschrijven van het bord bij de herhaling van de les was het verrassend stil. Na de hilariteit van het slepen van leerlingen op stoelen door het lokaal werd nu de *theorie* van het bord in het schrift overgenomen. De opmerking van de leraar klonk mogelijk nog na in hun oren "Als je deze formule begrijpt, hoef je hem eigenlijk niet te leren, dan kun je hem zo weer afleiden. Maar bij de rekenopgaven is hij natuurlijk wel handig als je hem uit je hoofd kent." Begrijpen deden die leerlingen de formule prima, want slepen met wat stoelen door het lokaal is een mentale voorstelling die de leerling zich zo weer voor de geest kan halen.

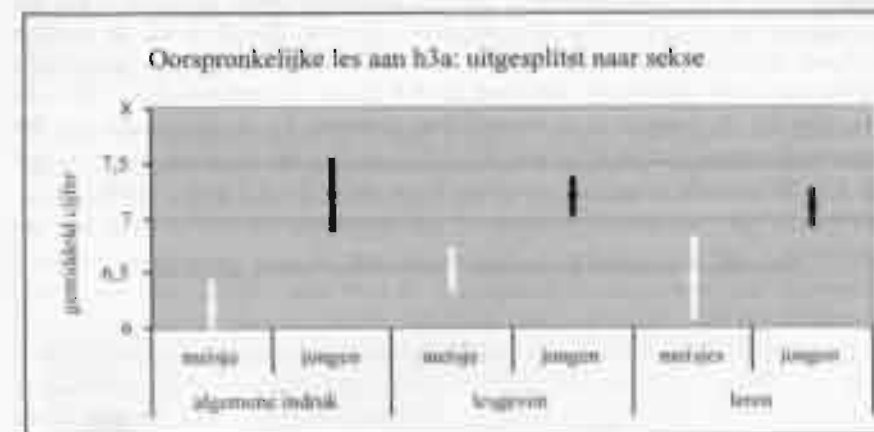
De eerste les werd gegeven aan de klas h3a op maandag en de herhaling van de les werd gegeven aan h3e op dinsdag. Per categorie *algemene indruk*, *lesgeven* en *leren* is het gemiddelde van de beoordeling van de leerlingen weergegeven in figuur 7.34. In alle drie de categorieën is de beoordeling van de herhaling aan de



Figuur 7.34: voorbeelden koppelen aan de grote lijnen.

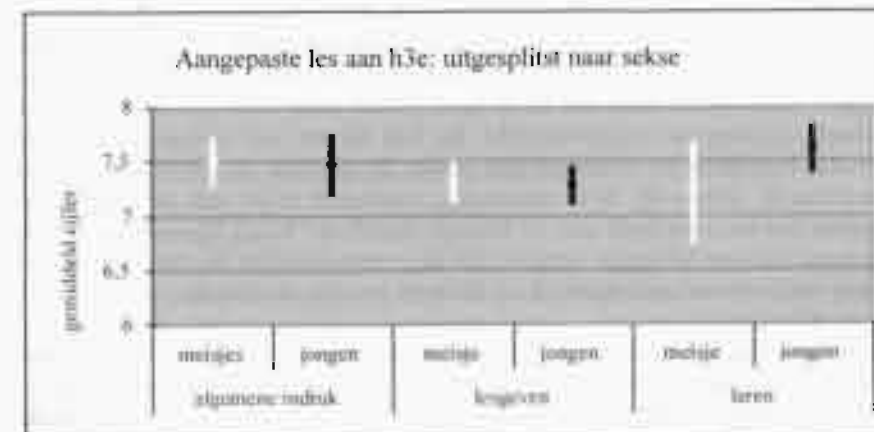
hand van voorbeeldgestuurd lesgeven hoger dan de beoordeling van de les zoals die eerst werd gegeven.

Bekijken we de beoordeling uitgesplitst naar sekse, dan zien we bij de klas h3a, waar de les de eerste keer werd gegeven, het patroon zoals dat steeds weer voorkomt (zie figuur 7.35). Namelijk dat bij een les die traditioneel wordt gegeven, de beoordeling van de meisjes in alle drie de categorieën een stuk lager is dan de beoordeling van de jongens die in dezelfde klas en les zaten.



Figuur 7.35: de beoordeling van de traditioneel lesgeven uitgesplitst naar sekse.

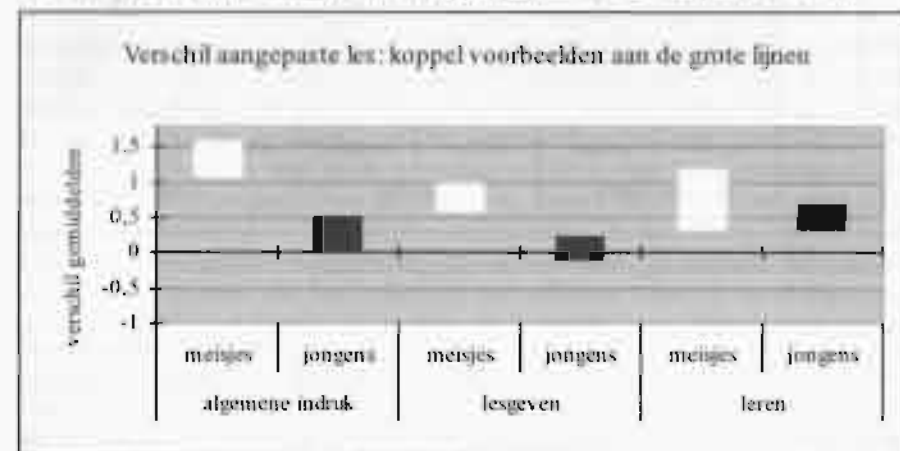
In de aangepaste les die aan h3e werd gegeven, ligt zowel de beoordeling van de jongens als de beoordeling van de meisjes hoger dan bij de oorspronkelijke les aan h3a (zie figuur 7.36). Dat volgt ook al uit figuur 7.34 waar beide klassen met elkaar zijn vergeleken. Wat verder duidelijk opvalt, is dat het *normale* patroon, dat meisjes een les natuurkunde lager beoordelen dan jongens, nagenoeg verdwenen is. In de categorie *algemene indruk* en *lesgeven* is de beoordeling van de meisjes



Figuur 7.36: de beoordeling van de aangepaste les uitgesplitst naar sekse.

nu gelijk aan die van de jongens. In de categorie *leren* beoordelen de meisjes de les nog steeds iets lager dan de jongens. Bij deze categorie *leren* is de spreiding van het betrouwbaarheidsinterval bij de meisjes een stuk groter dan die bij de jongens; hetgeen een uiting zou kunnen zijn van de onzekerheid van de meisjes, zeker bij zo'n vak als natuurkunde.

Combineren we de gegevens van de figuren 7.35 en 7.36 door per sekse het verschil in gemiddelde van beide klassen te vergelijken, dan blijkt dat in alle drie de categorieën de beoordeling van de meisjes gemiddeld meer gestegen is dan die van jongens (zie figuur 7.37). De categorie *algemene indruk* is bij de meisjes significant gestegen met maar liefst $1,4 \pm 0,3$ (>99%) punt, de categorieën *lesgeven* en *leren* significant met rond de 0,8 punten (respectievelijk >99% en 95%). Ook bij de jongens is de beoordeling gestegen bij de aangepaste les. De categorie *algemene indruk* stijgt met $0,3 \pm 0,2$ (61%), de categorie *lesgeven* met $0,1 \pm 0,2$ (30%) en de categorie *leren* significant met $0,5 \pm 0,2$ punt (> 99%).



Figuur 7.37: het verschil in gemiddelde beoordeling uitgesplitst naar sekse.

Bij de nabespreking van aangepaste les met de leraar, bleek dat voor hem het opschrijven van de essentie van het voorbeeld een stuk prettiger overkwam. Daardoor kwam de formule niet uit de lucht vallen, maar werd gekoppeld aan het voorbeeld. Tijdens de oorspronkelijke les had hij dit niet gedaan, omdat het voorbeeld hem daarvoor te simpel leek gezien de spontane en goede reacties van de leerlingen. Zelfs bij zo'n eenvoudig voorbeeld blijkt dat leerlingen het koppelen van het voorbeeld aan de formule significant hoger beoordelen. Bij de aangepaste les was het enige verschil met de oorspronkelijke les dat de tussenresultaten van het voorbeeld duidelijk op het bord werden geschreven.

Vanuit de vorige observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijn: toen vanuit het voorbeeld duidelijk de koppeling werd aangegeven naar de formule (stap 3) steeg de beoordeling door de leerlingen significant. Zeker de beoordeling van de meisjes steeg fors, maar die van de jongens voor wat ze leerden ook.

7.3.5 Plaats de grote lijnen in de ervaringswereld

Het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs is dat de grote lijnen geplaatst worden in de ervaringswereld van de leerling (zie 3.4.5). Dit vindt plaats in stap 7 waar de overeenkomsten en verschillen van de voorbeelden worden bediscussieerd tijdens de verduidelijkingsdialoog. Het liefst worden ook metagrammaticale voorbeelden uit een ander kennisveld besproken. Dat zijn voorbeelden die komen uit de ervaringswereld van de leerling en die de leerling begrijpt. Hieronder volgt een voorbeeld van een natuurkundeles waarbij tijdens de aangepaste les meer metagrammaticale voorbeelden werden gegeven dan in de oorspronkelijke les.

Tijdens de natuurkundeles werd het fysische begrip *rendement* behandeld. Als eerste voorbeeld werd de magnetron genoemd. Als je een magnetron hebt van 700 Watt wil dat zeggen dat het vermogen dat de magnetron levert 700 Watt is. Maar de 700 Watt is niet het vermogen dat de magnetron verbruikt, dat is veel hoger. Op het typeplaatje van de magnetron kun je vinden wat hij aan vermogen verbruikt. Stel dat dit 1400 Watt is. Dan neemt de magnetron een vermogen op van 1400 Watt en daarvan wordt 700 Watt nuttig gebruikt. Dus het rendement is 700 gedeeld door 1400 maal 100% is 50%. Het rendement is de verhouding in procenten van wat je erin stopt en wat er nuttig uitkomt. Een tweede voorbeeld is de gloeilamp. Een gloeilamp heeft een rendement van slechts 5%. Dat wil zeggen dat slechts 5% van het vermogen dat de gloeilamp opneemt daadwerkelijk wordt omgezet in licht. De andere 95% gaat verloren aan warmte. De 5% is een laag rendement. Toch is dit lage rendement geen reden om gloeilampen niet te gebruiken, want dat lampen licht geven in het donker is toch echt nuttig. De opkomst van andere lampen dan gloeilampen, spaarlampen, is natuurlijk niet verbazingswekkend. Het rendement is dus de verhouding van de energie die er nuttig uitkomt en de energie die je erin stopt. Deze verhouding moet je dan weer-gegeven in procenten, dus de breuk vermenigvuldigen met 100%. Uiteindelijk stond de formule op het bord (zie figuur 7.38), zowel in tekst als in formule-vorm met afkortingen.

$$\text{Rendement} = \frac{\text{nuttige energie}}{\text{totale energie}} \times 100\%$$

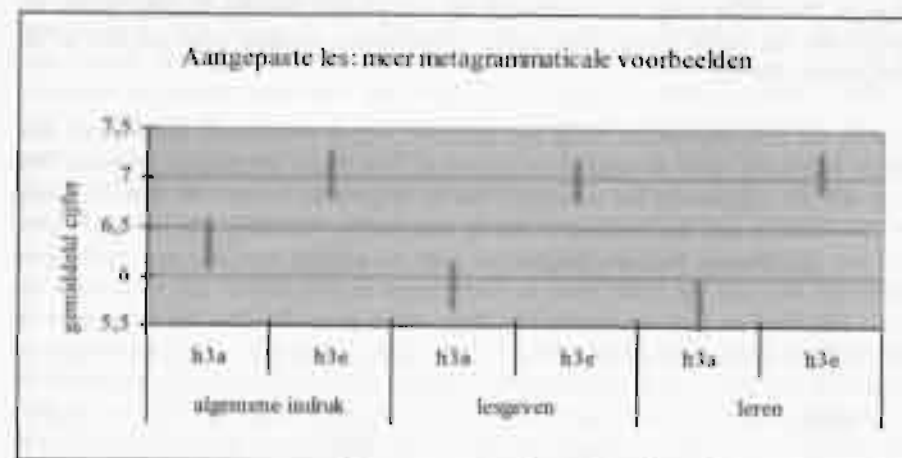
$$R = \frac{E_{\text{nutig}}}{E_{\text{tot}}} \times 100\%$$

Figuur 7.38: de uitleg op het bord over rendement.

Bij de aangepaste les werden na dezelfde uitleg nog meer voorbeelden gegeven, zoals het rendement van een verwarmingsketel. Een mooi voorbeeld was een hoogrendementsketel van 85%, die een veel hoger rendement heeft dan de gloeilamp. Een ander voorbeeld was het rendement van zonne-energie. Voorts werden ook metagrammaticale voorbeelden gegeven uit een ander kennisveld, zoals het rendement van het beleggen van geld met de risico's die je daarbij loopt. Ook werd het rendement van huiswerk maken besproken en het rendement van het volgen van de les. "Als je ondertussen een ander vak zit na te kijken, dan is het

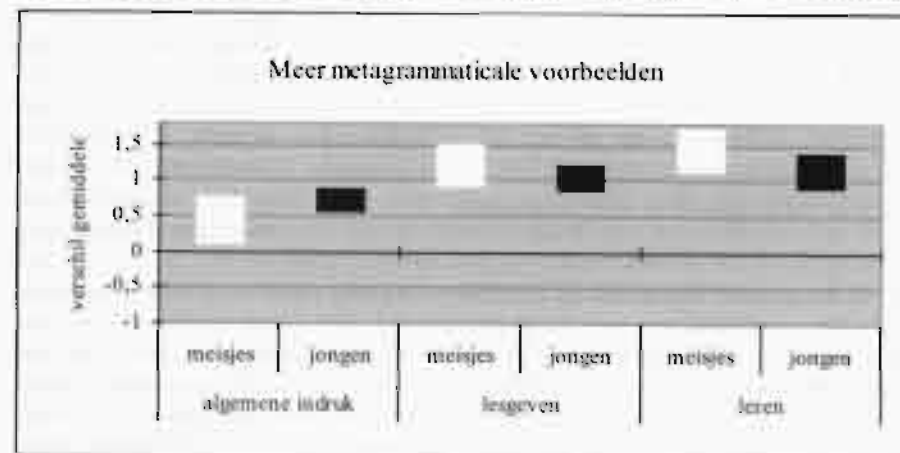
rendement van deze natuurkundeles natuurlijk niet zo hoog. Jammer", zo sprak de leraar een rood aanlopende leerling toe die onder tafel met een boek Frans op zijn schoot zat. Op speelse wijze volgden extra metagrammaticale voorbeelden tijdens deze aangepaste les.

Vergelijken we de resultaten van de beoordeling van de beide lessen, dan zien we (zie figuur 7.39) dat de beoordeling van de les met extra metagrammaticale voorbeelden in alle drie de categorieën aanzienlijk hoger is.



Figuur 7.39: Beoordeling waarbij bij aangepaste les meer metagrammaticale voorbeelden werden besproken.

De stijging van de gemiddelde beoordeling uitgesplitst naar sekse geeft aan (figuur 7.40) dat de beoordeling van de meisjes aanzienlijk stijgt bij de categorie *lesgeven* en *leren*. De beoordeling van *lesgeven* stijgt gemiddeld significant met $1,2 \pm 0,3$ punt ($> 99\%$) en het *leren* zelfs significant met $1,5 \pm 0,3$ punt ($> 99\%$). Ook de beoordeling bij de jongens in de categorie *lesgeven* en *leren* stijgt de



Figuur 7.40: Het verschil in gemiddelde beoordeling uitgesplitst naar sekse.

beoordeling significant met meer dan een hele punt; respectievelijk $1,1 \pm 0,2$ ($>99\%$) en $1,2 \pm 0,2$ ($>99\%$).

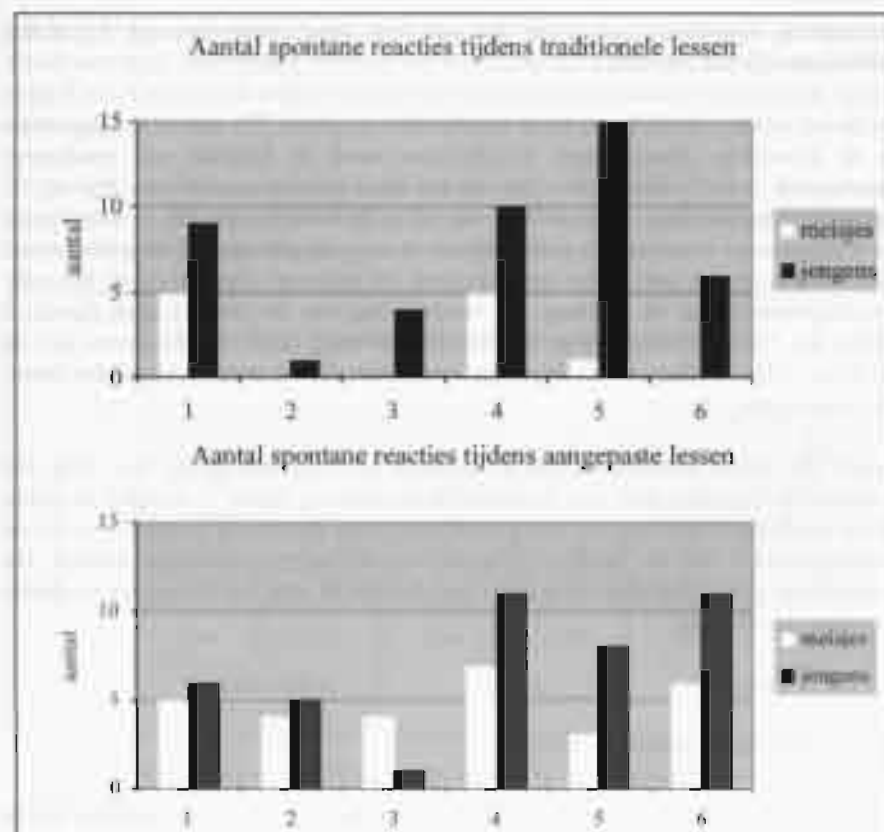
Bij de les werden beide keren twee voorbeelden gegeven. Dit waren de magnetron en de gloeilamp. Vanuit deze voorbeelden werd de formule van rendement opgebouwd, waarbij de voorbeelden op het bord werden geschreven. Pas bij de verduidelijkingsdialoog ontstond het verschil in de beide lessen. Bij de aangepaste les werden meer voorbeelden genoemd uit de natuurkunde en ook nog een aantal voorbeelden uit een heel ander kennisgebied. Ze kwamen allemaal uit de bekende ervaringswereld van de leerling. De beoordeling van de meisjes nam daardoor enorm toe. Ook de beoordeling van de jongens steeg sterk. Het lesgeven aan de hand van voorbeelden uit het dagelijks leven beoordelen meisjes bijzonder hoog. En jongens ook.

Vanuit de vorige observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijn: door het lesgeven te besluiten met een verduidelijkingsdialoog (stap 7) waarbij de grote lijnen werden getoetst aan nog meer voorbeelden en vooral ook voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling, ging de beoordeling met sprongen vooruit. De beoordeling van de meisjes steeg meer dan die van de jongens. Flink stijgen deden ze echter bij allemaal.

7.3.6 Interactie tijdens de lessen

Uit voorgaande resultaten blijkt dat, als er aan de hand van voorbeelden wordt lesgegeven, vooral de beoordeling van de meisjes stijgt. De verwachting is dan ook dat een les die voorbeelden uit hun ervaringswereld gebruikt, meisjes meer aanspreekt dan jongens. Meisjes worden daardoor meer bij de les betrokken en durven spontaner te reageren. Bij het onderzoek is daarom de spontane reactie van meisjes, en ook van jongens, gemeten. Onder een spontane reactie wordt verstaan dat de leerling uit zichzelf een vraag stelt of opmerking maakt over de lesstof. Om de interactie in de klas volledig in kaart te brengen is ook genoteerd aan wie de leraar tijdens de les een vraag stelt, aan een meisje of een jongen.

Van zes lessen die zowel traditioneel als aangepast werden gegeven, zijn in figuur 7.41 de spontane reacties van de meisjes en jongens getoond. Om de spontane reactie bij de les en de herhaling goed te kunnen vergelijken, zijn ze vlak boven elkaar weergegeven. De lessen zijn genummerd 1 tot en met 6. In het bovenste deel van het figuur zien we dat tijdens de zes traditionele lessen het aantal spontane reacties van de jongens aanzienlijk groter was dan die van de meisjes. In de helft van de lessen was er zelfs geen enkel meisje met een spontane reactie. In het onderste gedeelte van het figuur zien we dat bij de herhaling van deze 6 lessen het aantal reacties van de jongens nagenoeg even groot is. Het aantal reacties van de meisjes is bij de aangepaste lessen gestegen, in vergelijking met de eerste keer dat de les werd gegeven.



Figuur 7.41: de spontane reacties tijdens de les uitgesplit naar sekse voor 6 lessen: boven de lessen traditioneel gegeven, onder voorbeeldgestuurd

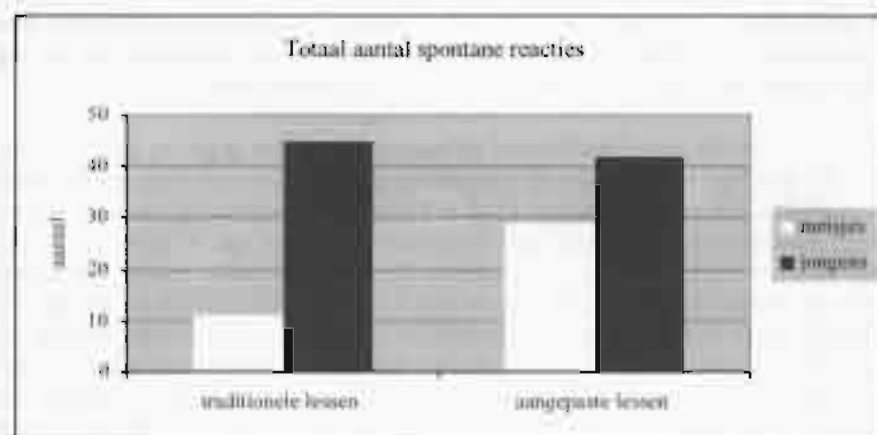
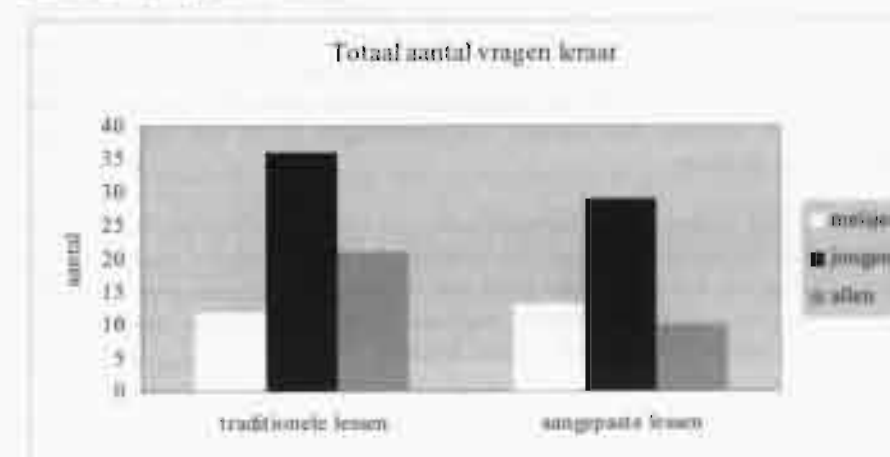


Fig. 7.42: de spontane reacties tijdens de les uitgesplit naar sekse gesommeerd over 6 lessen.

Het aantal spontane reacties van de meisjes en de jongens van de zes lessen zijn in figuur 7.42 bij elkaar opgeteld, om een duidelijk beeld te krijgen. We zien dat het aantal spontane reactie van de jongens tijdens de traditionele lessen en tijdens de aangepaste lessen vrijwel gelijk is, respectievelijk 45 en 42. Het aantal spontane reacties van de meisjes is gestegen van 11 tijdens de traditionele lessen naar 29 bij de aangepaste lessen. Het aantal spontane reacties van de meisjes is meer dan verdubbeld bij de lessen die voorbeeldgestuurd worden gegeven.

Vanuit deze observatie zie ik de volgende grote lijn: bij lesgeven aan de hand van voorbeelden uit hun ervaringswereld kwamen meisjes met aanzienlijk meer spontane reacties tijdens de les.

Niet alleen de spontane reacties van de leerlingen zijn belangrijk voor de les, maar ook de interactie met de leraar. Van Hes vond het een prettige manier om aan de hand van vragen de les op te bouwen. Zijn vragen waren meestal gericht aan één leerling, soms ook aan de hele klas. Van hetzelfde zetal lessen als hierboven genoemd is gemeten of de vraag van de leraar gericht was aan een meisje, een jongen of aan de hele klas. Om ook hier een duidelijk beeld te krijgen zijn de aantallen gesommeerd over alle zes de lessen (zie figuur 7.43). Opvallend is, maar volgens de literatuur gaat het hier om een vaak voorkomend fenomeen (zie 6.5.1), dat het aantal vragen dat de leraar aan jongens stelt veel hoger is dan het aantal vragen aan meisjes. Duidelijk is te zien dat de structuur van de totalen bij de traditioneel gegeven en de aangepaste lessen niet echt verandert. Het aantal jongens dat een vraag van de leraar krijgt, blijft veel hoger, zowel als de leraar op zijn eigen manier lesgeeft als wanneer hij dat voorbeeldgestuurd doet. Dat is natuurlijk ook niet echt verrassend, want de leraar zelf verandert natuurlijk niet, alleen de lesvolgorde verandert.



Figuur 7.43: het aantal vragen van de leraar gericht aan meisjes, jongens of allen gesommeerd voor 6 lessen en de aangepaste lessen.

Bij het napraten over de resultaten was Van Hes verbaasd over het grote verschil in aantal vragen dat hij aan meisjes en jongens stelde. Dat had hij zelf helemaal niet in de gaten. Tijdens de nabespreking van een les waar hij wel merkte dat hij

minder vragen stelde aan meisjes, vertelde Van Hes dat het kwam omdat hij graag wilde dat leerlingen zich veilig en thuis voelden in de klas. De meisjes reageerden meestal zo onzeker en dat onzekere gevoel wilde hij juist bij ze wegnemen. Dat de meisjes spontaan gingen reageren merkte hij tijdens de lessen zeker op en vond hij heel leuk. Op de spontane reactie van de meisjes ging hij graag in, zo vertelde hij.

Het is voor de leraar even wennen om meer voorbeelden, en vooral ook meer voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling, te bespreken tijdens de les. Deze voorbeelden roepen vaak spontane reacties op bij leerlingen die je als leraar dan moet inpassen in je les, zoals tijdens de les waar de fietsdynamo werd behandeld. Als eerste voorbeeld had de leraar een spoel en een magneet. De spoel was een hoeveelheid omwikkeld koperdraad met een holte in het midden. De beide einden van het koperdraad waren aangesloten op een stroomsterktemeter. Met de spoel in de ene hand en een magneet in de andere hand bewoog de leraar de magneet op-en-neer in de holte van de spoel. De magneet en de spoel maakten geen contact met elkaar. De leraar vroeg aan de klas "wat zie je?", terwijl hij eerst naar de uitslag van de stroomsterktemeter keek en vervolgens vragend naar de leerlingen. Tijdens de eerste les werd er wat ordeverstoring gecreëerd in de klas, maar tijdens de herhaling van de les kwam de spontane reactie van een grote jongen "neuken, meneer!" Met zo'n spontane reactie van een leerling heb je de keus als leraar of je Oost-Indisch doof te houden of de dialoog op te pakken. Dat kan bijvoorbeeld door op te merken dat er bij de spoel en de op-en-neer bewegende magneet een inductiespanning ontstaat, een invloed op afstand. Hoe noem je bij het neuken een invloed op afstand? Vlinders in je buik? De overeenkomsten van de natuurkunde en de ervaringswereld van de leerling is oneindig groot en beslist niet saai. Niet alleen meisjes vinden het prettig hun ervaringswereld erbij te betrekken, ook jongens vinden dat leuk. Het gegiechel dat eerst nog ordeverstoring werd gevonden door de leraar, wordt op deze manier een wezenlijk onderdeel van de les. Spontane reacties, worden dan geenszins meer als ordeverstoring ervaren, maar als metagrammaticaal voorbeeld voor een beter begrip voor de leerling. Met minder ordeverstoringen is het een stuk prettiger lesgeven voor de leraar.

Na een half jaar onderzoek en het aanpassen van zijn lessen merkte Van Hes op dat hij minder formalistisch les gaf. Dit betekent dat hij bij zichzelf merkte dat hij minder uitging van formules, maar meer van ervaringen en gevoel. Dat is precies de bedoeling van voorbeeldgestuurd lesgeven. Daarnaast vertelde van Hes ook nog dat hij de laatste tijd met meer plezier les gaf.

8 Evaluatie van de resultaten van het veldwerk

In dit hoofdstuk worden van de geobserveerde grote lijnen van het veldwerk gebundeld en trends geformuleerd. In 8.1 evalueer ik de resultaten van het veldwerk van de leer methode. Daarna evalueer de resultaten van de les methode. In 8.2 zijn dat de resultaten van de hoorcolleges op het HBO en in 8.3 zijn dat de resultaten van de lessen in twee HAVO-3 klassen bij het vak natuurkunde. Elke paragraaf sluit ik af met het formuleren van conclusies.

8.1 Evaluatie van resultaten veldwerk van de leer methode

In 8.1.1 geef ik mijn eigen ervaring weer met voorbeeldgestuurd leren. Dit doe ik door het uitvoeren van het stappenplan waaruit blijkt dat 'ik snel leer cellospelen omdat ik goed kan roeien'. In 8.1.2 illustreer ik dat meisjes expliciet en nadrukkelijk moeten worden aangemoedigd om hun ervaring uit een ander kennisveld over te brengen naar een nieuw te leren onderwerp. Voorbeeldgestuurd leren stimuleert dat in het tweede deel van haar denktrant. Daarna geef ik in 8.1.3 observaties die aangeven dat het uitvoeren van het stappenplan een opstap biedt naar het oplossen van een intelligentietest. Vervolgens evalueer ik in 8.1.4 de resultaten die aangeven dat de herformulering van een informatieanalyse methode leidt tot een uitstekende, zelfstandig te gebruiken leer methode. Als laatste formuleer ik in 8.1.5 de conclusies van voorbeeldgestuurd leren.

8.1.1 Snel leren cellospelen omdat je goed kunt roeien

In 5.1 analyseerde ik met behulp van het stappenplan de grote lijnen van roeien en cellospelen. Vervolgens vergeleek ik deze grote lijnen waardoor ik tot de *samenhang van de grote lijnen* kwam. Het bleek dat de *samenhang van de grote lijnen* - de metagrammatica - van roeien en cellospelen identiek was, namelijk een *trucje* om de techniek goed te kunnen uitvoeren. Mijn ervaring bij het roeien waar ik het *trucje* goed kan toepassen, zorgde ervoor dat ik hetzelfde *trucje* bij het cellospelen snel beheerste.

Het eerste deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs gebruikt het stappenplan om de grote lijnen te vinden. Vervolgens wordt dit deel van het stappenplan een laag hoger uitgevoerd. De gevonden grote lijnen worden daarbij vergeleken met het geheel: het herkennen van het *trucje* van de *samenhang van de grote lijnen*. Dit illustreert het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs: het herkennen van de grote lijnen in verschillende voorbeelden. In het gegeven voorbeeld van roeien en cellospelen zijn de grote lijnen de zinnen. De samenhang van de grote lijnen is het verhaal. Uit de

voorbeelden blijkt duidelijk dat de *samenhang van de grote lijnen* van roeien en cellospelen identiek is. Slechts de begrippen uit de veranderde context zijn vervangen in de zinnen. Het verhaal – de *samenhang van de zinnen* – is identiek. De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs is dus de grote lijnen analyseren vanuit het geheel en daarna het herkennen van de grote lijnen in het geheel van de gegeven voorbeelden.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: door het uitvoeren van het stappenplan is het mogelijk te analyseren dat ik mijn ervaring bij het roeien gebruik bij het leren cellospelen. Deze observatie duidt op een trend dat ervaring met de *samenhang van de grote lijnen* in een ander kennisgebied zorgt voor de kennistransfer, waardoor de grote lijnen in een nieuwe situatie gemakkelijk toegepast kunnen worden.

8.1.2 Onzekere meisjes bij het vak natuurkunde

Uit de observaties blijkt dat meisjes een ander sociaal gedrag te vertonen dan jongens. Een voorbeeld hiervan is beschreven bij de groep HBO-studenten die een zomercursus natuurkunde volgden. Meisjes stellen zich socialer op, hebben het meer over *wij* dan over *ik*, en besteden veel tijd aan het bespreken van hun omgeving. Bovendien geven meisjes blij te leren aan de hand van andere voorbeelden dan jongens.

Studenten is gevraagd aan te geven of ze bij het vak natuurkunde hun ervaring uit het dagelijks leven gebruikten. Aan de groep studenten werd gevraagd om voorbeelden te geven van *lagere weerstand*, waarbij er expliciet op werd gewezen dat ze deze voorbeelden ook buiten de natuurkunde mochten zoeken. Bij de gegeven antwoorden viel heel duidelijk op dat meisjes, hoewel ze in de vraagstelling daartoe werden aangemoedigd, de door hen gegeven voorbeelden alleen in de natuurkunde zochten en niet durfden hun ervaring buiten de natuurkunde te gebruiken.

Dat het zelfbeeld van hun eigen kunnen bij meisjes grote invloed heeft bij het vak natuurkunde wordt goed geïllustreerd door de door hen opgegeven onzekerheden in geschatte lengtes. De studenten waren gevraagd de betrouwbaarheidsintervallen te geven van de lengte van zichzelf en van de lengte van de docent. De meisjes gaven bij de geschatte lengte van de docent geen groter betrouwbaarheidsinterval aan dan het betrouwbaarheidsinterval van de lengte van henzelf, hoewel er expliciet naar werd gevraagd. Meisjes durfden dus niet met een getal hun eigen onzekerheid weer te geven en zo zekerder te zijn van hun onzekerheid. De zekerheid in onzekerheid bleek bij de jongens derhalve groter te zijn dan bij de meisjes.

Uit de observatie valt af te leiden dat meisjes een opstap nodig hebben om hun onzekerheid te overwinnen bij het vak natuurkunde. Dit is mogelijk door aan te sluiten bij hun sociale en emotionele gedrag waarbij ze ervaringen kunnen bespreken op hun relevantie. Het lijkt tijdsverspilling, maar toch blijken de meisjes

de *snelle jongens* te zijn. Bovendien moeten meisjes nog explicieter en nadrukkelijker worden aangemoedigd om hun ervaringen buiten de natuurkunde te gebruiken. Pas dan krijgen meisjes voldoende vertrouwen om hun ervaring uit een ander kennisveld over te brengen naar een nieuw te leren onderwerp in de natuurkunde. Hiervoor zorgt het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs: de verduidelijkingsdialoog. De grote lijnen worden daarbij herkend in voorbeelden uit de eigen ervaring.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: meisjes zochten de gegeven voorbeelden alleen binnen de natuurkunde en niet daarbuiten, hoewel ze in de vraagstelling daartoe expliciet werden aangemoedigd. Dit duidt erop dat meisjes expliciet en nadrukkelijk moeten worden aangemoedigd om voorbeelden buiten de natuurkunde te gebruiken. De geformuleerde trend in 8.3.5 geeft aan dat meisjes ervaren dat ze meer leren als er wordt lesgeven aan de hand van voorbeelden uit hun eigen ervaring. Dit duidt op de trend dat de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs meisjes aanmoedigt te leren door overeenkomsten en verschillen te zoeken tussen voorbeelden die ze hebben ervaren en begrepen.

8.1.3 Uitvoeren stappenplan als opstap naar oplossen intelligentietest

Met behulp van het stappenplan van de informatieanalysemethode werd een intelligentietest opgelost door 88 eerstejaars studenten Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden. De test werd afgenomen in de vorm van een toets.

De zes studenten die hun antwoord veranderden tijdens de toets hadden allen gekozen voor dezelfde oplossingsstrategie. Het gemiddelde cijfer van hen was significant hoger dan het gemiddelde cijfer van de totale groep die koos voor deze oplossingsstrategie. Eerst een fout antwoord geven leidde dus niet tot een lagere beoordeling van de toets. Integendeel, de studenten ervoeren dat hun leerstijl werd bijgestuurd. Aan de hand van het stappenplan konden studenten een foutief antwoord herstellen, wat resulteerde in een gemiddeld hogere leerprestatie.

De studenten gaven aan, dat het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren hen stuurde bij het oplossen van de intelligentietest. Vooral stap 4 van voorbeeldgestuurd leren, het maken van de elementaire zinnen (zie 4.4), bleek een belangrijke stap op weg naar een goede oplossing. Stap 4, de uiteenraffeling van begrippen in een eigen verwoording, is derhalve een stap die niet gemist mag worden in het onderwijs.

Voorts gaven de studenten aan dat ze zich aan de hand van het stappenplan zekerder voelden van de goede oplossing. Juist deze zekerheid benoedigt studenten bij het leren.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: het stappenplan biedt een opstap voor het oplossen van een intelligentietest. Zoals het uiteenraffelen van de begrippen in een eigen verwoording, het zonodig bijsturen van de

strategie en het bieden van zekerheid aan de studenten. Dit blijkt ook uit de opmerkingen van de studenten. Uit de observaties is duidelijk de trend zichtbaar dat het zelfstandig uitvoeren van het stappenplan van de informatieanalyse-methode een opstap biedt bij het benutten van je intelligentie.

8.1.4 Leren vervoegen van werkwoorden

Bij een groep van 56 studenten op het HBO werd gevraagd met behulp van het stappenplan van de informatieanalyse-methode een analyse van het vervoegen van werkwoorden uit te voeren tijdens een toets. Vóór de analyse, de week na de analyse en twee maanden later, werd de studenten een dictiee afgenomen met veel voetangels en klemmen op het gebied van werkwoordvervoegingen. Bij het dictiee dat vóór de analyse gemaakt werd, was het gemiddeld aantal fouten $3,18 \pm 0,23$. Bij het dictiee direct na de analyse was het gemiddeld aantal fouten $2,41 \pm 0,19$; dit was significant lager dan bij het eerste dictiee met een statistisch betrouwbaarheidsniveau van meer dan 99%. Bij het dictiee twee maanden later was het gemiddeld aantal fouten $2,25 \pm 0,15$ (>99%); dit was nog steeds significant lager dan bij het dictiee vóór de analyse.

Een geconcentreerd zelfstandig uitgevoerde analyse van het vervoegen van werkwoordsvormen leverde gemiddeld een significant beter leerresultaat op dan voor het uitvoeren van de analyse. Bij een onderwerp dat thuis hoort in de basisvorming, het leren vervoegen van werkwoorden, bleek dus dat bij een zelfstandig uit te voeren analyse het leereffect zelfs maanden later significant aanwezig was.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijn: het toepassen van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren levert gemiddeld een significant beter leerresultaat op.

8.1.5 Conclusies voorbeeldgestuurd leren

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als duidelijk zichtbare trends de conclusies over voorbeeldgestuurd leren.

- Het herkennen van grote lijnen in voorbeelden zorgt voor kennistransfer, waardoor de grote lijnen in een andere situatie gemakkelijker kunnen worden toegepast.
- Discussiëren over overeenkomsten en verschillen van meerdere, ook zelf verzonnen, voorbeelden in de verduidelijkingsdialoog sluit aan bij het sociale gedrag van meisjes.
- De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs moedigt meisjes expliciet en nadrukkelijk aan overeenkomsten en verschillen te zoeken met behulp van voorbeelden buiten de natuurkunde die ze hebben ervaren en begrepen.

- Het uitvoeren van het stappenplan stuurt de leerstijl bij, waardoor fouten kunnen worden hersteld.
- Het stappenplan geeft studenten een zeker gevoel bij het leren.
- Het toepassen van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren levert gemiddeld een significant beter leerresultaat op.

Bovenstaande trends samen geven aan dat de herformulering van een informatieanalyse-methode leidt tot een uitstekende, zelfstandig te gebruiken leermethode. Het stappenplan biedt daarbij zekerheid.

8.2 Evaluatie van voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO

In 8.2.1 evalueer ik het leren voorbeeldgestuurd lesgeven van docenten. In 8.2.2 evalueer ik het opvallende verschil in beoordeling tussen meisjes en jongens bij voorbeeldgestuurd lesgeven. Daarna analyseer ik in 8.2.3 hoe de beoordeling van voorbeeldgestuurd gegeven lessen aanzienlijk steeg bij een groep van alleen mannelijke studenten. Tenslotte formuleer ik in 8.2.4 de conclusies van het veldwerk rond voorbeeldgestuurd lesgeven.

8.2.1 Leren voorbeeldgestuurd les te geven

Voorbeeldgestuurd lesgeven is toegepast op het HBO bij hoorcolleges van anderhalf uur. De ervaren docenten vertelden dat ze (1) lesgeven op de manier zoals ze zelf hadden les gekregen en (2) op de manier zoals ze dachten de leerstof het snelst te kunnen overbrengen. De docenten die aan het onderzoek deelnamen, vertelden vooraf dat ze veel voorbeelden gebruikten en dat ze verwachtten dat voorbeeldgestuurd lesgeven niet structureel anders zou zijn. Dat bleek echter wel het geval.

De docenten hebben het lesgeven vanuit voorbeelden ervaren als 'van achteren naar voren' lesgeven. Bij traditioneel onderwijs dienen de voorbeelden als illustratie van de grote lijnen, bij voorbeeldgestuurd lesgeven daarentegen wordt er begonnen met het geven van de voorbeelden. Tijdens de voorbespreking werd de nieuwe volgorde van de les besproken. De voorbespreking van het eerste hoorcollege dat voorbeeldgestuurd werd gegeven, duurde zo'n anderhalf uur. De voorbespreking van de volgende lessen duurde steeds korter, het resulteerde tenslotte in een enkele aanwijzing bij de laatste les. Tijdens de eerste voorbespreking neigden de docenten steeds naar het noemen van de grote lijnen, in plaats van het voorbeeld helemaal uit te werken en vervolgens te koppelen aan de grote lijnen. Na een les of vijf hadden de docenten het voorbeeldgestuurd lesgeven onder de knie. Ze hebben voorbeeldgestuurd lesgeven ervaren als een natuurlijke en plezierige manier van lesgeven.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijn: voor docenten in het HBO bleek voorbeeldgestuurd lesgeven structureel anders te zijn

dan de traditionele manier van lesgeven. Na een les of vijf hadden ze de ommezwaai gemaakt van traditioneel naar voorbeeldgestuurd lesgeven.

8.2.2 Meisjes leren vanuit voorbeelden

Bij de traditionele manier van lesgeven, was de beoordeling van de lessen van de meisjes lager dan die van de jongens.

Zodra voorbeeldgestuurd werd lesgegeven steeg de beoordeling van de lessen door de studenten voor wat ze leerden significant met $0,4 \pm 0,1$ punt ten opzichte van een les die traditioneel werd gegeven. Het verschil in beoordeling van meisjes en jongens van hetzelfde college is daarbij opvallend. Bij het lesgeven vanuit voorbeelden ging de beoordeling van de meisjes *terstond* met sprongen vooruit tot $0,8 \pm 0,2$ punt. De beoordeling van de jongens daalde eerst, om vervolgens pas te stijgen nadat de docent vanuit de voorbeelden ook heel duidelijk de grote lijnen had aangegeven.

Deze observatie bevestigt de verwachte trend dat meisjes voorbeeldgestuurd lesgeven hoog beoordelen. Daarbij is niet het sekseverschil het belangrijkste, maar het socialisatieverschil tussen de seksen. Volgens de socialisatietheorie is bij het gebruik van abstract denkvermogen het grote verschil tussen meisjes en jongens, dat meisjes eerder toegeven aan hun onzekerheid en dat jongens eerder vasthouden aan de grote lijnen. Aan het begin van de lessenreeks gaf de docent wel voorbeelden, maar nog geen grote lijnen. Dat had zijn weerslag in de resultaten. De beoordeling van de meisjes ging de eerste les omhoog en de beoordeling van de jongens omlaag. Aan het eind van de lessenreeks, toen het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven goed werd toegepast, bleken zowel bij de meisjes als bij de jongens de beoordeling te stijgen tot vrijwel een gelijke hoogte. De beoordeling van de meisjes steeg dus meer dan die van de jongens. Zoveel meer, dat het oorspronkelijke verschil werd gecompenseerd.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijnen: zowel de meisjes als de jongens gaven aan dat ze significant meer leerden als er goed voorbeeldgestuurd werd lesgegeven. De beoordeling van de meisjes steeg *terstond* als er aan de hand van voorbeelden werd lesgegeven en de beoordeling van de jongens steeg naar gelang de docent niet alleen de voorbeelden noemde, maar ook de grote lijnen van de leerstof duidelijk weergaf. De meisjes beoordeelden lessen die voorbeeldgestuurd werden gegeven hoger dan de jongens. Uit deze geobserveerde grote lijnen is de trend af te leiden dat voorbeeldgestuurd onderwijs de lagere beoordeling van meisjes compenseert ten opzichte van de jongens in het traditionele lespatroon; en resulteert in een hogere beoordeling van beiden.

8.2.3 Jongens leren ook graag voorbeeldgestuurd

Voorbeeldgestuurd lesgeven is ook uitgetoetst bij een groep studenten aan een techniekopleiding die alleen uit jongens bestond. De beoordeling van de studenten voor het voorbeeldgestuurd lesgeven had een significante stijging tot gevolg van $0,8 \pm 0,1$ punt (99%) ten opzichte van de lessen die op de traditionele manier werden gegeven. De beoordeling van de studenten voor het *leren* steeg significant met $0,9 \pm 0,1$ punt (99%).

Het onderzoek vond plaats bij een groep studenten in het techniekonderwijs op het HBO, waarbij je van de lesstof een hoog abstractieniveau verwacht. Uit de resultaten blijkt, dat ook deze studenten voorbeeldgestuurd lesgeven hoger beoordeelden dan de traditionele manier van lesgeven. Bovendien vonden de studenten het bijzonder plezierig dat na afloop van de les op het bord zowel het uitgewerkte voorbeeld stond als de daaruit afgeleide grote lijnen. Bij het maken van de opgaven maakten ze veelvuldig gebruik van de duidelijke aangegeven koppeling van voorbeeld en de grote lijnen.

Vanuit deze observaties zie ik de trend dat voorbeeldgestuurd lesgeven dus ook jongens aanspreekt op een technische opleiding.

8.2.4 Conclusies voorbeeldgestuurd lesgeven op het HBO

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als duidelijk zichtbare trends de conclusies over het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven door docenten op het HBO.

- Docenten hadden vooraf de indruk dat het geen aanpassing van hun manier van lesgeven zou vergen, daar ze naar eigen zeggen veel voorbeelden gebruikten.
- Docenten vonden het een fundamentele verandering in de volgorde van hun les.
- Docenten hebben voorbeeldgestuurd lesgeven ervaren als 'van achteren naar voren' lesgeven.
- Docenten beheersten de nieuwe methodiek in ongeveer vijf lessen.
- Docenten ervoeren voorbeeldgestuurd lesgeven als een natuurlijke en plezierige manier van lesgeven.

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als duidelijk zichtbare trends de conclusies over voorbeeldgestuurd lesgeven voor studenten op het HBO.

- Meisjes beoordeelden traditioneel lesgegeven lager dan jongens.
- Meisjes beoordeelden voorbeeldgestuurd lesgeven hoger dan jongens.
- Zowel meisjes als jongens beoordeelden voorbeeldgestuurd lesgegeven hoger dan traditioneel lesgeven.
- Voorbeeldgestuurd onderwijs compenseerde de lagere beoordeling van meisjes van traditioneel lesgeven tot een hogere gelijkwaardige beoordeling van meisjes en jongens.

8.3 Evaluatie van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3

In het voortgezet onderwijs werd onderzoek gedaan van voorbeeldgestuurd lesgeven in twee HAVO-3 klassen bij het vak natuurkunde. In 8.3.1 evalueer ik een les die vanuit de onzekerheid van de leerling werd opgebouwd. In 8.3.2 bespreek ik het effect van het toepassen van de anti-didactische inversie. Daarna evalueer ik in 8.3.3 het effect van de mate waarin het voorbeeld werd gekoppeld aan de grote lijnen. In 8.3.4 beschrijf ik de invloed van het uithalen van eerder opgedane ervaringen, vooral de invloed op meisjes. Vervolgens evalueer ik in 8.3.5 de mate waarin meisjes zich spontaner dan jongens durven te uiten bij voorbeeldgestuurd gegeven lessen. In 8.3.6 bespreek ik hoe de leraar voorbeeldgestuurd lesgeven heeft ervaren als een plezierige lesmethode. Tenslotte geef ik in 8.3.7 de conclusies rond voorbeeldgestuurd lesgeven op de HAVO.

8.3.1 *Uitgaan van de onzekerheid van de leerling*

Traditioneel onderwijs start meestal met het geven van de grote lijnen en eindigt met het geven van illustratieve voorbeelden. Daarbij beoordeelden de meisjes de lessen gemiddeld een halve tot een hele punt lager dan die de jongens (zie 7.3).

Voorbeeldgestuurd lesgeven start met een voorbeeld. Indien de les werd begonnen met voorbeelden, steeg de beoordeling van de meisjes significant met 0,9 punt en de beoordeling van de jongens met 0,3 punt ten opzichte van traditioneel gegeven lessen.

Het effect van het uitgaan van de onzekerheid van de leerling is geobserveerd bij een les die hoofdzakelijk bestond uit het bespreken van opgaven. De opgaven waren als huiswerk opgegeven en moesten tijdens de les worden gecontroleerd. Tijdens de eerste keer dat de les werd gegeven, vroeg de leraar de leerlingen om de beurt naar het antwoord op de opgaven. Bij de aangepaste les vroeg de leraar niet naar het antwoord, maar naar de manier waarop de opgave was aangepakt. Bij de beoordeling van de les door zowel de meisjes als de jongens leidde dit tot een significante stijging van de beoordeling van 0,6 punt. De leerlingen beoordeelden lessen die uitgingen van de onzekerheid van de leerling hoger, vooral de meisjes. Eventuele misconcepties van de leerling kwamen daarbij immers duidelijker naar voren. Bovendien leerden de leerlingen ook veel van elkaar, omdat ze in dezelfde onzekere verwoording spraken.

Vanuit de vorige observaties zie ik de volgende grote lijn: de benadering, waarbij werd uitgegaan van de onzekerheid van de leerling kreeg een significant hogere beoordeling van zowel de meisjes als de jongens. Deze observatie duidt op een trend dat het begrijpen van de weg om tot een antwoord te komen vanuit de mentale voorstelling van de leerling significant hoger wordt beoordeeld dan het krijgen van uitleg over het goede antwoord.

Meisjes beoordeelden voorbeeldgestuurd lesgeven aanzienlijk hoger dan jongens. Zoveel meer zelfs, dat het oorspronkelijke verschil volledig werd gecompenseerd.

Deze observatie duidt op de trend dat voorbeeldgestuurd onderwijs de lagere beoordeling van meisjes ten opzichte van de jongens in het traditionele lespatroon compenseert en resulteert in een hogere beoordeling van beiden, evenals in het HBO.

8.3.2 *Anti-didactische inversie*

Bij een practicumles in de twee HAVO-3 klassen probeerde de leraar het 'van achteren naar voren' lesgeven uit. De beoordeling van de herhalingsles bleek iets hoger te zijn; het resultaat was een stijging van gemiddeld 0,3 punt.

Het is slechts een geringe stijging. Voor een objectieve toehoorder als een ervaren amanuensis die toevallig beide keren de uitleg hoorde, was er echter een groot verschil. De tweede keer stond hij geboid naar de leraar te luisteren, terwijl de amanuensis het verhaal toch al kende. Als je vanuit de voorbeelden vertelt, komt dat als boeiend over volgens een ervaren objectieve toehoorder.

Bewust moet voor docenten de anti-didactische inversie worden omgedraaid van deductief naar inductief lesgeven, ofwel 'van achteren naar voren lesgeven'. Het is veel efficiënter om de kennis van een leerling te duwen dan om de kennis van een leerling te slepen achter de kennis van de leraar aan. In de scheepvaart hebben ze allang door dat duwen efficiënter is dan slepen. Dat geldt ook voor kennis.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: als je vanuit de voorbeelden wilt overbrengen wat de bedoeling is, komt dat voor sommige leraren over als 'van achteren naar voren' lesgeven, maar de les komt dan wel boeiender over volgens een objectieve ervaren toehoorder.

8.3.3 *Koppel het voorbeeld aan de grote lijnen*

Stap 3 van het voorbeeldgestuurd lesgeven luidt: 'koppel de voorbeelden aan de grote lijnen'. De invloed van deze stap is onderzocht in een les bij het leren van de formule voor arbeid. Als voorbeeld werd er gesleept met stoelen met leerlingen erop om het verband te tonen tussen de geleverde arbeid, de benodigde kracht en de weg die daarbij wordt afgelegd. Bij de oorspronkelijke les schreef de docent, na de voorbeelden, de formule op het bord. Bij de aangepaste les was het enige verschil dat de docent ook de tussenresultaten op het bord schreef. De beoordeling van de leerlingen tijdens de aangepaste les lag significant hoger dan de beoordeling van de oorspronkelijke les. De categorie *algemene indruk* steeg bij de meisjes significant met maar liefst $1,4 \pm 0,3$ (>99%) punt en de categorieën *leren* en *lesgeven* significant rond de 0,8 punt (>95%). De beoordeling van de jongens, steeg voor wat ze geleerd hadden, significant met $0,5 \pm 0,2$ punt (>99%).

Door tijdens de aangepaste les de tussenresultaten te noteren werd het voorbeeld gekoppeld aan de formule. De weg tot de formule werd daardoor duidelijk. Bij de aangepaste les werd de formule niet gepresenteerd als belangrijkste einddoel van de les, maar als mogelijk hulpmiddel bij de opgaven die nog zouden volgen.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik de volgende grote lijn: het koppelen van de voorbeelden aan de grote lijnen gaf een significant hogere beoordeling van de leerlingen. Deze observatie duidt op een trend dat leerlingen de weg om tot de formule te komen hoger beoordeelden dan de formule zelf.

8.3.4 Plaats de grote lijnen in de ervaringswereld

Stap 7 van voorbeeldgestuurd onderwijs luidt: 'plaats de grote lijnen in de eigen ervaringswereld van de leerling'. De invloed van deze stap werd gegeven in twee natuurkundelessen over *rendement*. Beide lessen werden op dezelfde manier gegeven aan de hand van dezelfde voorbeelden: de magnetron en de gloeilamp. Het enige verschil was dat aan het eind van de aangepaste les extra voorbeelden werden gegeven uit de ervaringswereld van de leerling. De beoordeling van de meisjes steeg significant met $1,5 \pm 0,3$ punt ($>99\%$). Ook de beoordeling bij de jongens steeg significant met meer dan een $1,1 \pm 0,2$ punt ($>99\%$).

Tijdens de aangepaste les werden extra voorbeelden gegeven uit de ervaringswereld van de leerling, waarbij de essentie van het nieuw te leren begrip duidelijk naar voren kwam. Bij deze manier van lesgeven wordt een nieuw begrip gekoppeld aan hun eigen ervaring uit een ander kennisveld. Eerder verworven competenties en voorkennis uit ervaringen in het dagelijks leven, worden daardoor ten volle benut. Het gebruik van voorbeelden uit een ander kennisveld werd uitermate hoog beoordeeld door de leerlingen en is dus een niet te missen stap in het onderwijs. Het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs maakt gebruik van deze eigenschap. De mogelijkheid om de geleerde grote lijnen te herkennen in het geheel, wordt gezien als uiting van abstract denkvermogen.

Vanuit bovenstaande observaties zie ik duidelijk de volgende grote lijnen: bij het lesgeven besluiten met een verduidelijkingsdialoog (stap 7) waarbij de grote lijnen werden getoetst aan nog meer voorbeelden en vooral ook voorbeelden uit de ervaringswereld van de leerling, ging de beoordeling met sprongen vooruit. De beoordeling van de meisjes steeg meer dan die van de jongens. Flink stijgen deden ze echter bij allemaal. Deze observaties duiden op de trend dat eerder verworven competenties en ervaringen opgedaan in het dagelijks leven bij de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs ten volle worden benut. De leerlingen krijgen daardoor vertrouwen dat de nieuwe lesstof is begrepen en dit biedt een opstap naar het abstract denken.

8.3.5 Spontane reacties van meisjes tijdens de lessen

Het aantal spontane reacties van meisjes steeg meer dan dat van jongens in de voorbeeldgestuurd gegeven lessen. Met spontane reactie wordt aangeduid het maken van een opmerking of het stellen van een vraag die slaat op de lesstof en die niet een reactie is op een gerichte vraag van de leraar. In zes traditioneel gegeven lessen gaven de meisjes 11 spontane reacties en de jongens 45, in de aangepaste lessen volgens voorbeeldgestuurd lesgeven gaven meisjes 29 spontane reacties en de jongens 42. In de lessen waarin voorbeeldgestuurd werd lesgegeven is de spontane reactie van meisjes dus meer dan verdubbeld.

Deze observatie duidt op volgende grote lijn: bij lesgeven aan de hand van voorbeelden uit hun ervaringswereld kwamen meisjes met aanzienlijk meer spontane reacties tijdens de les.

Uit de geobserveerde trends van voorbeeldgestuurd leren (8.1.5) blijkt dat meisjes expliciet en nadrukkelijk moeten worden aangemoedigd overeenkomsten en verschillen te zoeken met voorbeelden buiten de natuurkunde. Pas dan krijgen meisjes vertrouwen om hun ervaring uit een ander kennisveld over te brengen naar een nieuw te leren onderwerp in de natuurkunde. Het gebruik van ervaringen uit het dagelijks leven is een wezenlijk onderdeel van het tweede deel van de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs. Uit de resultaten in de voorgaande subparagraaf blijkt, dat meisjes vinden dat ze meer leren bij het gebruik van voorbeelden uit hun ervaring.

Bovenstaande observaties samen duiden op de trend dat lesgeven aan de hand van voorbeelden uit de eigen ervaring meisjes meer zelfvertrouwen geeft, waardoor ze dus eerder over de nieuwe lesstof durven te praten en waardoor ze met meer spontane reacties durven te komen.

8.3.6 Evaluatie door een leraar

De leraar van de HAVO-3 klassen vond het bijzonder plezierig dat de meisjes spontaner reageerden dan vroeger en hij ging daar graag op in. Hij ervoer deze spontane reacties geenszins als ordeverstoring, maar gebruikte ze juist als voorbeelden voor een beter begrip voor de leerling. Met minder ordeverstoringen was het een stuk prettiger lesgeven voor de leraar.

De leraar ging overigens niet meer vragen stellen aan de meisjes. De leraar veranderde natuurlijk ook niet van attitude bij voorbeeldgestuurd lesgeven, alleen de volgorde van het lesgeven veranderde.

Over de aanpassingen van zijn lessen merkte de leraar op, dat hij minder formalistisch les gaf, dus minder uitgang van formules, maar meer van ervaringen en gevoel. Dat is precies de bedoeling van voorbeeldgestuurd lesgeven. Ook

vertelde de leraar dat hij de laatste tijd met meer plezier les gaf. Een mooie win-win situatie. Een betere evaluatie is nauwelijks mogelijk.

8.3.7 Conclusies voorbeeldgestuurd lesgeven op de HAVO

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als duidelijk zichtbare trends de conclusies over het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3 bij het vak natuurkunde in de beoordeling van de leerlingen.

- Meisjes beoordeelden traditioneel lesgeven gemiddeld een halve tot een hele punt lager dan jongens.
- Zowel meisjes als jongens beoordeelden voorbeeldgestuurd lesgeven hoger dan traditioneel lesgeven.
- De beoordeling van meisjes steeg bij voorbeeldgestuurd lesgeven meer dan de beoordeling van jongens.
- De beoordeling van meisjes steeg zoveel meer, dat de oorspronkelijke lagere beoordeling in het traditionele onderwijs teniet werd gedaan.
- Leerlingen beoordeelden het begrijpen van de weg om tot een antwoord te komen vanuit de mentale voorstelling significant hoger dan het noteren van het goede antwoord.
- Leerlingen beoordeelden de weg om tot de formule te komen als belangrijker dan de formule zelf.
- Leerlingen beoordeelden het gebruik van voorbeelden uit een ander kennisveld hoog.
- Meisjes durfden bij voorbeeldgestuurd lesgeven meer met spontane reacties te komen.

Vanuit de geobserveerde grote lijnen formuleer ik als zichtbare trends de conclusies over het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven in HAVO-3 bij het vak natuurkunde in de beoordeling van de leraar.

- De leraar vond dat hij met voorbeeldgestuurd lesgeven minder formalistisch les gaf en meer vanuit zijn gevoel.
- De leraar ervoer de spontane reacties als wezenlijk onderdeel van de les en niet als ordeverstoring.
- De leraar had meer plezier gekregen in het lesgeven.

9 Conclusies en aanbevelingen

Aan de hand van de evaluaties en conclusies van de resultaten van het veldwerk van voorbeeldgestuurd leren en voorbeeldgestuurd lesgeven in hoofdstuk 8, bespreek ik in 9.1 de kernvragen van de uitgebreide vraagstelling. Daarna formuleer ik in 9.2 de conclusies op de probleemstelling en geef ik aan in hoeverre de doelstelling is gehaald. De conclusies moeten gelezen worden als eigen observaties van trends. Tenslotte geef ik in 9.3 aanbevelingen die uit het voorgaande voortvloeien.

9.1 Bespreking kernvragen

In 9.1.1 tot 9.1.4 beschrijf ik in hoeverre deze studie de vier kernvragen beantwoordt, zoals ik die in 3.6 heb geformuleerd.

9.1.1 Voorbeeldgestuurd onderwijs als leer- en lesmethode

De eerste kernvraag luidde:

Kan een informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een door de leerling zelfstandig te gebruiken *leermethode* alsook tot een bruikbare *lesmethode*?

Volgens de informatieanalysemethode vindt goede informatieoverdracht plaats in drie lagen, met meer en niet minder. Passen we de lagenstructuur toe in het onderwijs, dan zijn die drie lagen de gegevens, de grote lijnen en de samenhang van de grote lijnen. Het stappenplan van voorbeeldgestuurd onderwijs start met voorbeelden uit de bovenste laag die de samenhang weergeven. Vanuit de voorbeelden worden de abstracte grote lijnen in de middelste laag afgeleid. Leren wordt zo nooit ingewikkelder dan het begrijpen van voorbeelden uit het dagelijks leven, de hoogste laag van informatieoverdracht.

Uit de evaluaties van voorbeeldgestuurd leren en lesgeven volgt de gesignaleerde trend dat de herformulering van een informatieanalysemethode leidt tot een uitstekende, zelfstandig te gebruiken *leermethode* en *lesmethode*. Het stappenplan biedt daarbij zekerheid. Voorbeeldgestuurd onderwijs transformeert, zowel in het HBO als op het HAVO, de lagere beoordeling van meisjes bij traditioneel lesgeven tot een hogere beoordeling. Dit geldt eigenlijk ook voor jongens. De docenten hebben voorbeeldgestuurd lesgeven ervaren als een natuurlijke en plezierige manier van lesgeven.

Het uitvoeren van het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren is door omstandigheden alleen uitgeprobeerd bij studenten die de informatieanalyse-methode beheersten. Gezien de goede resultaten bij deze studenten op het HBO ten aanzien van (1) het beter gebruik van hun intelligentie en (2) het analyseren van een onderwerp dat lesonderdeel is in de basisvorming (namelijk het vervoegen van werkwoorden), is de verwachting dat de trend ook in de basisvorming zal gelden. Het is in dit onderzoek evenwel niet gelukt een school te vinden waar dit in de basisvorming kon worden uitgeprobeerd. De geobserveerde trend rechtvaardigt dan ook in hoge mate een aanbeveling te doen om dit verder te onderzoeken (zie 9.3.1).

Voorbeeldgestuurd leren en lesgeven hebben een stappenplan, derhalve is het mogelijk met behulp van de methode iemand te *leren leren* en te *leren lesgeven*. Dit geeft aan dat de informatieanalyse-methode is te herformuleren tot een zelfstandig te gebruiken leermethode en een bruikbare lesmethode die aangeleerd kan worden.

9.1.2 Voorbeeldgestuurd onderwijs als universele methode

De tweede kernvraag luidde:

Hoe kan de nieuwe leer- en lesmethode van het *voorbeeldgestuurd onderwijs* worden getoetst en toegepast in verschillende leer- en lespraktijken?

De lesmethode is uitgeprobeerd in verschillende onderwijssoorten, namelijk tijdens hoorcolleges in het HBO en tijdens lessen in de basisvorming van het voortgezet onderwijs. De hoorcolleges in het HBO werden gegeven aan eerste-, tweede- en derdejaars studenten, bij wie overal significante stijgingen in de beoordeling werden behaald. Bij goede informatieoverdracht zijn alle drie de lagen nodig. Deze lagen zeggen niets over het niveau of de mate van intelligentie die daarvoor nodig is. Vanuit de observaties zie ik een duidelijke trend dat de methode dus niveauonafhankelijk is.

Het veldwerk heeft plaatsgevonden bij managementvakken, informatica, natuurkunde en communicatieve vaardigheden. Bij al deze vakken blijkt uit de resultaten, dat voorbeeldgestuurd onderwijs tot een hogere beoordeling leidt. Dit leidt tot een duidelijke trend dat de methode derhalve valt te karakteriseren als vakonafhankelijk.

De resultaten zijn verkregen bij hoorcolleges van anderhalf uur, als ook bij de uitleg van een practicumles die slechts tien minuten in beslag nam. Uit de conclusies bleek dat de beoordeling van deze lessen, met geheel verschillende lesduur, steeg. Deze observaties geven de trend aan dat de toepasbaarheid van de methode onafhankelijk is van de duur van de les.

De oorspronkelijke informatieanalyse-methode is onafhankelijk van het soort onderwerp dat geanalyseerd wordt, onafhankelijk van de complexiteit van het onderwerp en onafhankelijk van de hoeveelheid informatie. De oorspronkelijke

informatieanalyse-methode veronderstelt dat ze dienstengevolge universeel toepasbaar is. Overeenkomstig is de verwachting dat de herformulering van een informatieanalyse-methode naar voorbeeldgestuurd onderwijs leidt tot een leer- en lesmethode die onafhankelijk is van het onderwerp, abstractieniveau en hoeveelheid informatie. Het ligt in de rede te veronderstellen dat de methode, evenals de oorspronkelijke informatieanalyse-methode, universeel toepasbaar zal blijken te zijn.

9.1.3 De nieuwe didactiek spreekt meisjes aan

De derde kernvraag luidde:

Welke zijn de relaties tussen enerzijds de bevindingen van de genderkritische leerpsychologie omtrent het leer- en leergeefproces en de effectiviteit daarvan voor meisjes respectievelijk jongens, en anderzijds de didactiek van het competentiegericht onderwijs, het projectonderwijs en het probleemgestuurd onderwijs?

Staan bij het oude leren de theorie en het lesgeven van de docent centraal, bij het nieuwe leren verandert dat naar het centraal stellen van vragen van de leerling. Het nieuwe leren gaat uit van de grote invloed van het informele leren door de ervaringen van de leerlingen te gebruiken. Tevens moet het onderwijs aansluiten bij multiple intelligenties, waarbij sociale en emotionele intelligentie een grotere invloed zullen krijgen. In het onderwijs blijken bij leerpatronen van leerlingen de volgende binaire opposities te bestaan: *mastering/receiving*, *individual/interindividual* en *impersonal/interpersonal*. De jongens gedragen zich bij deze opposities naar de eerstgenoemde eigenschap, de meisjes naar de tweede. Het huidige onderwijs van het oude leren gaat vooral uit van de eerste, nu overheersende, eigenschappen. Het nieuwe leren gaat uit van de tweede eigenschap bij genoemde opposities. De veranderende samenleving en de daarbij veranderende kennisconceptie verwacht dat de als tweede genoemde elementen in de opposities de betere eigenschappen representeren om goed te leren. De verwachting is dus dat meisjes een opstap ervaren, omdat het nieuwe leren volledig aansluit bij hun manier van leren.

De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs sluit aan bij de onzekerheid tijdens het leren. Het verschil in schoolprestaties tussen meisjes en jongens bleek niet te ontstaan door een verschil in cognitief vermogen, maar door het verschil in zelfbeeld ten opzichte van hun score. Meisjes hebben een lager zelfbeeld van hun eigen kunnen dan jongens. Vanuit deze zienswijze is het een mythe dat exacte vakken meisjes niet aanspreken. Dat is enkel een gevolg van de manier van lesgeven die bij het oude leren gehanteerd wordt.

Onderwijsvormen die gebruik maken van dit nieuwe leren, zijn: competentiegericht onderwijs, projectonderwijs en probleemgestuurd onderwijs. Bij het vergelijken van probleemgestuurd onderwijs en voorbeeldgestuurd onderwijs bleken de overeenkomsten groot te zijn. Het grootste verschil tussen voorbeeldgestuurd onderwijs en probleemgestuurd onderwijs is echter de

organisatie van het onderwijs. Voorbeeldgestuurd onderwijs is namelijk klassikaal toepasbaar. In de genoemde vormen van het nieuwe leren wordt geen gebruik gemaakt van klassikaal onderwijs. Toch wordt in de huidige praktijk vaak nog klassikaal lesgegeven, zeker in de basisvorming. De verwachting is dat deze klassikale onderwijsvorm nog lang zal bestaan. Voorbeeldgestuurd onderwijs introduceert de voordelen van het nieuwe leren in het klassikaal onderwijs.

9.1.4 De nieuwe didactiek spreekt ook jongens aan

De vierde kernvraag luidde:

Welke verschillen in effectiviteit en leerplezier laten de geteste toepassingen van voorbeeldgestuurd onderwijs zien in vergelijking tot de oude praktijk? Zijn deze verschillen genderspecifiek?

De huidige praktijk van klassikaal lesgeven is dat de les vaak op een deductieve manier aangepakt wordt, op de manier zoals leraren vroeger zelf les kregen en die uitgaat van hun eigen zekerheid. De docenten vertellen daarbij eerst de abstracte grote lijnen en gaan daarna ter verduidelijking deze grote lijnen illustreren met voorbeelden. Bij het omdraaien van de lesvolgorde ontstaat de inductieve manier van lesgeven, waarbij vanuit voorbeelden die de leerling begrijpt, wordt lesgegeven. Zodoende sluit de nieuwe leerstof aan bij de ervaring van de leerlingen, waardoor ze meer vertrouwen krijgen en daardoor de nieuwe leerstof gemakkelijk begrijpen.

Bij het verschil in leren tussen meisjes en jongens is niet het sekseverschil het belangrijkste onderscheid, maar het socialisatieverschil tussen de seksen. In het socialisatieproces ontstaat het verschil in abstract denkvermogen tussen meisjes en jongens; namelijk doordat meisjes eerder toegeven aan hun onzekerheid en dat jongens eerder vasthouden aan de grote lijnen. Meisjes vluchten door hun onzekerheid in het traditionele onderwijs naar een reproductieve leerstijl die gebruikmaakt van uit het hoofd leren van feiten uit de onderste laag van informatieoverdracht. Jongens houden zich meer vast aan de grote lijnen in de middelste laag. Meisjes beoordeelden traditioneel onderwijs dan ook lager dan jongens.

De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs zorgt ervoor dat op geloofwaardige inductieve manier vanuit voorbeelden uit het dagelijks leven - de bovenste laag van informatieoverdracht - de grote lijnen worden gevonden en in nieuwe situaties kunnen worden toegepast. De beoordeling van meisjes steeg diensgevolge van de onderste laag naar de bovenste laag. De beoordeling van de jongens steeg van de middelste laag naar de bovenste laag. De beoordeling van de meisjes steeg dus meer dan die van de jongens. Zoveel meer, dat het oorspronkelijke verschil werd gecompenseerd en daardoor een vrijwel even hoge beoordeling van meisjes en jongens werd bereikt. De gesignaleerde trends uit het veldwerk geven dit resultaat zowel in het HBO als op de HAVO weer. Het blijkt dus dat de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs het socialisatieverschil tussen de seksen egaliseert. Hoewel meisjes mogelijk meer dan jongens toegeven aan hun onzekerheid, zijn

ook jongens onzeker. Voorbeeldgestuurd onderwijs tracht de leerling een zo groot mogelijk gevoel van zekerheid te geven, door deze onzekerheid te laten accepteren. Meisjes zullen daarbij een grotere opstap ervaren dan jongens, maar een opstap ervaren doen ze allemaal.

9.2 Bespreking van onderzoeksvragen, probleemstelling en doelstelling

In 9.2.1 tot 9.2.3 bespreek ik de drie onderzoeksvragen. Daarna volgt in 9.2.4 een bespreking van de probleemstelling en in 9.2.5 van de doelstelling.

9.2.1 Voorbeeldgestuurd leren is een adequate leermethode

De eerste onderzoeksvraag luidde:

Kan de informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een *adequate* leermethode?

Uit de geobserveerde trends blijkt dat studenten voorbeeldgestuurd leren een uitstekende leermethode vinden. Het stappenplan biedt daarbij houvast en zekerheid voor een zelfstandige uitvoering. Het voorbeeldgestuurd leren kan gebruikt worden door leerlingen met een grote diversiteit aan leerstijlen en stuurt eventueel bij naar de betekenis - en/of toepassingsgerichte leerstijl. Een goed werkende methode - dus adequaat - om computers te leren denken als een mens, kan dus bij uitstek worden gebruikt om mensen zelf beter te leren denken als mens.

9.2.2 Voorbeeldgestuurd leren is een adequate lesmethode

De tweede onderzoeksvraag luidde:

Kan de informatieanalysemethode worden geherformuleerd tot een *adequate* lesmethode?

Uit de geobserveerde trends blijkt dat studenten en leerlingen voorbeeldgestuurd lesgeven significant hoger beoordelen dan de traditionele manier van klassikaal lesgeven. De docenten vinden het een natuurlijke manier van lesgeven en ervaren het als 'van achteren naar voren lesgeven'. Voor ervaren docenten vraagt het slechts een geringe, maar wel fundamentele, aanpassing om hun lessen voorbeeldgestuurd te geven. De omschakeling kan in ongeveer vijf lessen plaatsvinden. Een leraar vond dat hij met voorbeeldgestuurd lesgeven minder formalistisch les gaf en meer vanuit zijn gevoel. De spontane reacties vormden als voorbeelden een wezenlijk onderdeel van de les en worden niet ervaren als ordeverstoring. De leraar vertelde dat hij meer plezier had gekregen in het lesgeven.

9.2.3 Voorbeeldgestuurd onderwijs sluit beter aan

De derde onderzoeksvraag luidde:

Sluit leren en lesgeven aan de hand van een informatieanalysemethode *beter* aan bij de manier waarop meisjes leren?

Ander onderzoek heeft een beeld gevormd van de ideale toestand over de manier waarop meisjes natuurkunde leren: de *Ideal State*. Daaruit blijkt dat er (meer) aandacht moet worden besteed aan het (1) *nut* van natuurkunde in de lessen. Verder moet de docent bij de keuzebegeleiding (2) *vertrouwen* hebben in de capaciteiten van meisjes voor natuurkunde. Ook moet het vak (3) *toegankelijk* zijn voor de leerlingen qua moeilijkheidsgraad, variatie in onderwerpen, orde en structuur. In voorbeeldgestuurd lesgeven zijn de drie genoemde items nadrukkelijk aanwezig. Het *nut* blijkt uit het starten met voorbeelden uit het dagelijks leven. Het *vertrouwen* blijkt uit het lesgeven vanuit de onzekerheid van de leerling die bij de verduidelijkingsdialoog daar volle aandacht voor krijgt. De *toegankelijkheid* blijkt uit de transfer van kennis die door de leerling begrepen is uit eerder opgedane ervaringen waarmee de nieuwe leerstof wordt vergeleken.

Bovenstaande items *nut*, *vertrouwen* en *toegankelijkheid*, gelden als aanbevelingen van wat leraren kunnen doen zodat meer meisjes natuurkunde gaan kiezen. Ook voor andere vakken en voor jongens zullen deze aanbevelingen gelden. De geobserveerde trends geven dan ook aan, dat meisjes ervaren dat ze bij voorbeeldgestuurd onderwijs meer leren en de lessen positiever waarderen dan bij het traditionele klassikaal onderwijs.

9.2.4 De probleemstelling en het voorbeeldgestuurd onderwijs

De probleemstelling luidde:

Hoe kan het technisch en natuurkundig onderwijs zo worden ingericht dat het niet langer ontmoedigend is voor meisjes?

Het grote verschil tussen meisjes en jongens blijkt hun beeld van eigen kunnen te zijn: meisjes hebben een geringer zelfbeeld dan jongens. Dit resulteert bij meisjes in een geringer zelfvertrouwen. Doordat voorbeeldgestuurd onderwijs niet uitgaat van de zekerheid van de leraar, maar omdraait en uitgaat van de onzekerheid van de leerling, zullen meisjes bemoedigd worden. Voorts stimuleert voorbeeldgestuurd onderwijs het gebruik van eerder opgedane ervaringen door transfer van kennis uit een ander domein. Het vergelijken van eerder opgedane ervaringen doet een beroep op sociale en emotionele intelligentie die impliciet zit in voorbeelden die ze begrijpen. Hierdoor krijgen meisjes meer zelfvertrouwen en dat moedigt hen aan bij het leren. Deze constatering geldt ook voor abstracte vakken zoals die bestaan in het technisch en natuurkundig onderwijs.

9.2.5 De doelstelling en het voorbeeldgestuurd onderwijs

De doelstelling luidde:

Het ontwikkelen van een onderwijsmethode die beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren dan de gangbare onderwijsmethoden.

Uit de resultaten komt naar voren dat voorbeeldgestuurd onderwijs aanzienlijk beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren, dan bij de gangbare manier van lesgeven. De doelstelling van dit onderzoek is dus bereikt.

De geobserveerde trends tonen zelfs meer dan de doelstelling aangreep. Voorbeeldgestuurd onderwijs sluit niet alleen beter aan bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren, maar blijkt ook beter aan te sluiten bij de manier waarop meisjes andere vakken leren. Het is zelfs nog sterker: het resultaat geldt niet alleen voor meisjes, maar ook voor jongens.

Het onderzoek toont een overduidelijke trend dat voorbeeldgestuurd onderwijs een algemene, klassikaal bruikbare didactiek biedt die zowel aansluit bij de manier waarop meisjes leren als bij die waarop jongens leren. Dit resultaat overstijgt de oorspronkelijke doelstelling in ruime mate.

9.3 Aanbevelingen

Hieronder volgen twaalf aanbevelingen. Ze zijn als volgt opgedeeld. Ik geef zeven aanbevelingen voor de leermethode in 9.3.1, drie aanbevelingen voor de lesmethode in 9.3.2 en één voor de combinatie van beide in 9.3.3. Ik sluit het hoofdstuk af met een algemene aanbeveling in 9.3.4.

9.3.1 Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd leren

Het voorliggende onderzoek is er op succesvolle wijze enkel in geslaagd de leermethode uit te proberen bij studenten die de informatieanalysemethode beheersten. Gezien de bemoedigende resultaten bij studenten in onderwerpen die in het voortgezet onderwijs behandeld worden, is mijn aanbeveling onderzoek te doen in het VMBO, het HAVO en het VWO. Om dit onderzoek te kunnen uitvoeren, doe ik de volgende aanbevelingen.

De voorbeeldgestuurde leermethode dient eerst geleerd te worden, alvorens ze bij andere vakken gebruikt kan worden. De aangewezen plaats voor het leren van de leermethode is daar waar *leren leren* centraal staat: de eerste klas van het middelbaar en voortgezet onderwijs.

1. De eerste aanbeveling is dan ook de methode aan te leren in de eerste klas van het middelbaar en voortgezet onderwijs.

2. De tweede aanbeveling hierbij is de methode te leren aan de hand van knelpunten bij de andere vakken, zoals het vervoege van werkwoorden of het rekenen met breuken.

De leerlingen ervaren daardoor het nut van het gebruik van de methode, hetgeen hun intrinsieke motivatie verhoogt. De leermethode kan worden uitgevoerd met behulp van pen en papier, maar ook op een computer.

3. Daarom luidt de derde aanbeveling dat het gebruik van een computer is aan te raden wanneer de voorbeelden bestaan uit visueel of auditief materiaal.
4. Op logische wijze volgt hieruit de vierde aanbeveling dat het bij computergebruik mogelijk is te verwijzen naar voorbeelden op het Internet.
5. De vijfde aanbeveling is dat er een leerboek geschreven dient te worden om de methode te laten leren, zodat de leerlingen in de eerste klas zelfstandig leren te leren.

Na het leren van de methode kan de methode bij andere vakken gebruikt worden.

6. Mijn zesde aanbeveling is dat alle andere leerboeken ook volgens deze methode opgebouwd zouden moeten worden: starten met minstens twee concrete voorbeelden en zet vervolgens een discussie op over de overeenkomsten en de verschillen. Ook dienen er voorbeelden besproken te worden uit het dagelijks leven van de leerling, bij voorkeur uit een heel ander kennisgebied. Vooral auteurs van leerboeken die kennis van een hoog abstractieniveau willen overbrengen, zullen er baat bij hebben het boek op te bouwen volgens de methode van voorbeeldgestuurd leren.

9.3.2 Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd lesgeven

Het voorliggende onderzoek is er op succesvolle wijze in geslaagd de lesmethode uit te proberen bij het gebruik van voorbeeldgestuurd lesgeven in het HBO en het HAVO. Gezien de buitengewoon bemoedigende resultaten is mijn aanbeveling verder onderzoek te doen. Om dit onderzoek te kunnen uitvoeren, doe ik de volgende aanbevelingen.

De docenten die de lesmethode hebben uitgeprobeerd, vertelden vooraf dat ze veel voorbeelden gebruikten bij het lesgeven. Tijdens het onderzoek bleek dat lesgeven met voorbeelden, zoals ze tot dan toe deden, fundamenteel verschilt van lesgeven vanuit voorbeelden, omdat de lesvolgorde wordt omgedraaid. Om te ervaren dat 'van achteren naar voren' een natuurlijke manier van lesgeven is, raad ik aan het stappenplan te volgen. Om te leren het stappenplan te volgen zijn de aandachtspunten in drieën opgedeeld: voor (1) leraren, voor (2) leraren-in-opleiding en voor (3) docenten die leraren of leraren-in-opleiding begeleiden. Hieronder volgen drie aanbevelingen.

1. Leraren met ervaring in het lesgeven die voorbeeldgestuurd lesgeven willen leren, raad ik aan (a) de grote lijnen op papier te zetten en (b) een voorbeeld daarbij te zoeken. Bij de voorbereiding van de les moeten vervolgens (c) alle grote lijnen benoemd worden in het voorbeeld. Meestal liggen de voorbeelden voor de hand. Na enige tijd zal er een schat aan voorbeelden ontstaan bij een onderwerp, aangevuld door de spontane associaties waar de leerlingen mee komen tijdens de les.

2. Leraren-in-opleiding die leren lesgeven, raad ik aan om naast (a) de lesmethode ook (b) het stappenplan van de leermethode te leren gebruiken. Het zelf ervaren van de leermethode zal stimulerend werken om het stappenplan van de lesmethode goed uit te voeren.
3. Docenten die leraren of leraren-in-opleiding begeleiden, raad ik aan in ieder geval (a) een voorbespreking van de les te houden om de lervoorbereiding van de leraar(in-opleiding) te bespreken. Bij ervaren leraren zal een voorbespreking bij een les of vijf volstaan om de lesmethode redelijk te beheersen. De meeste aandacht zal daarbij uitgaan naar (b) het koppelen van het voorbeeld aan de grote lijnen, waardoor de nieuwe kennis aansluit bij de ervaring van de leerling: stap 3 van het stappenplan. De begeleidende docent van onervaren leraren-in-opleiding beveel ik aan om niet alleen bij de voorbespreking van de les aanwezig te zijn, maar ook (3) tijdens het geven van die les, om de leraar(in-opleiding) op mogelijke verbeteringen in navoring van het stappenplan te kunnen attenderen.

9.3.3 Aanbevelingen voor voorbeeldgestuurd onderwijs

Voorbeeldgestuurd onderwijs is een combinatie van voorbeeldgestuurd leren en lesgeven. In de basisvorming van het voortgezet onderwijs wordt nog veelvuldig klassikaal lesgegeven en de verwachting is dat dit nog enige tijd voortduurt. Hierop is mijn aanbeveling gebaseerd.

1. Het verdient aanbeveling om het effect van voorbeeldgestuurd lesgeven en leren elkaar te laten versterken.

Dit kan in een les waarin de leraar voorbeeldgestuurd lesgeeft, waarna de leerling zelfstandig de voorbeeldgestuurde leermethode uitvoert om zich de nieuwe lesstof eigen te maken. De combinatie van aanbevelingen zoals hiervoor genoemd, geldt daarvoor.

9.3.4 Algemene aanbevelingen

Dit onderzoek ging over het gebruik van voorbeeldgestuurd leren en lesgeven in het onderwijs. Voorbeeldgestuurd onderwijs is een methode die bij iedere informatieoverdracht gebruikt kan worden, zowel binnen als ook buiten het reguliere onderwijs. Leren wordt nooit ingewikkelder dan het begrijpen van voorbeelden uit het dagelijks leven, de hoogste laag van informatieoverdracht.

De uitspraak "Ik leer snel cello spelen omdat ik goed kan roeien" werd mij duidelijk toen mijn celloleeraar me in dezelfde terminologie toesprak als mijn roeicoach. Derhalve luidt mijn algemene aanbeveling als volgt.

Moge ieder die de ervaring heeft vanuit voorbeelden te leren daar profijt van hebben, ook in het dagelijks leven.



Referenties

- Adams, C. en V. Walkerdine (1986). *Investigating Gender in the Primary School*. London: IEA.
- Al, K. (1990). *Instructiestrategieën voor het activeren van preconcepties*. Tilburg: Proefschrift Katholieke Universiteit Brabant.
- Alting, A. (2003). *Niet-vertrouwen, ongemakelijkheid. Wat docenten kunnen doen zodat meer meisjes natuurkunde gaan kiezen*. Eindhoven: Proefschrift Technische Universiteit Eindhoven.
- Alting, A. en W.J. Pelgrum (1990). The SISS in the Netherlands: Descriptives and gender differences. *Studies in educational evaluation*, 16, 421-447.
- Amelsfoort, J. van (1999). *Perspectief op instructie, motivatie en zelfregulatie. Een longitudinaal onderzoek naar de invloed van instructiegedrag van docenten op de motivationele oriëntatie en zelfregulatie van leerlingen in de onderbouw van het voortgezet onderwijs*. Nijmegen: Nijmegen University Press.
- Ames, C. en J. Archer (1988). Achievement goals in the classroom: Student's learning strategies and motivation processes. *Journal of Educational Research*, 80 (3), 260-268.
- Arns, J. en M. Volman (1999). Juf, mag ik vandaag huismiddeleven? Het schoolplein als pedagogische ruimte. *Didaktief*, 20 (1), 6-9.
- Atmehel, D.P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*. New York, NY: Holt, Rinehart en Winston.
- AWT (2002a). *Schoolagenda 2010. Deel 1: Verkenning Kennis van Educatie 2010*. Den Haag: AWT.
- AWT (2002b). *Schoolagenda 2010. Deel 2: Enquête*. Den Haag: AWT.
- Axis (2002). *Beleeftechniek verbeteren: 100 good practices*. Delft: Axis-publicatie.
- Axis (2003). *Meer! Doen. 30 stappen om te komen tot 15% meer Bina/Technici in 2010*. Delft: Axis-publicatie.
- Buhle, J. (1936). *Der Musikalische Schaffensprozess. Psychologie der schöpferischen Erlebnis- und Antriebsformen*. Leipzig: Christian.
- Bakema, G., J.P. Zwart en H. van der Lek (2000). *Vollidig Communicatiegeoriënteerde Informatiemiddeleling: FCO-IM*. Den Haag: Ten Hagen Stam.
- Barrows, H.S. (1977). *Simulated patients*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- Barrows, H.S. en R.M. Tamblyn (1980). *Problem-based learning: an approach to medical education*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Baxter Magolda, M.B. (1994). *Knowing and Reasoning in college: Gender-related Patterns in Students' Intellectual Development*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Belenky, M.F., B.M. Clinchy, N.R. Goldberger en J. Tarule (1986). *Women's ways of knowing: The development of self, voice, and mind*. New York, NY: Basic Books.
- Belotti, E.G. (1975). *Zij worden kleine meisjes groot. De maatschappelijke conditionering van de vrouw in de vroege kindertijd*. Den Haag: Ben Bakker.
- Bem, S.L. (1983). Gender Schema Theory and its Implications for Child Development: Raising Gender-schematic Children in a Gender-schematic Society. *Signs*, 8, 598-616.
- Bockaerts, M. (1988). Vormen van leren: dynamisch affectieve aspecten. *Onderwijskundig Lexicon II* (A 2200 3-16). Alphen aan de Rijn: Samson.
- Bockaerts, M. en P.R.J. Simons (1995). *Leren en instructie. Psychologie van de leerling en het leerproces*. Assen: Van Gorcum.
- Bolhuis, S. (2000). *Naar zelfstandig leren: wat doen en denken docenten?* Leuven (Apeldoorn): Garant.
- Bolhuis, A.J. (1966). *Elektronica in de informatietechniek*. Culemborg/Haarlem: De Technische Uitgeverij H. Stam N.V.
- Bolhuis, E. G. (1996). *Alomudtelijke eenheid. Over het leren worden van een vrouwelijk fysicus*. Leeuwarden.
- Borkowski, J.G. en A.J. Kruse (1985). Metacognition and attributional beliefs. In G. d'Ydewille (Ed.), *Cognition, information processing and motivation*. 557-569. Amsterdam: North Holland.
- Bots, J. en E. van Hock (1999). *Management en Informatie. Leer- en handboek der bestuurlijke informatiekunde*. Schiedamschen: Academic Service.
- Brand, M. (1991). *Eindrapport MENT-project. Tien jaar aandacht voor de positie van meisjes in het natuurkunde- en techniek onderwijs*. Eindhoven: MENT.
- Brooks, L.W. en D.F. Donnay (1987). Transfer of information: an instructional perspective. In S.M. Cornier en J.D. Hagman (Eds.), *Transfer of Learning* 121-130. New York, NY: Academic Press.

- Brown J.S., A. Collins en P. Duguid (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.
- Brunt, J.J. (1993). *Schools for thought: A science of learning in the classroom*. Cambridge, MA: Bradford.
- Brumer, J.S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 21-32.
- Brumer, J.S. (1966). *Towards a theory of instruction*. New York, NY: Norton.
- Choderow, N. (1978). *The reproduction of mothering*. California: University of California.
- Clark, C.M. en P.J. Peterson (1986). Teachers' thought processes. In M.C. Wittrock (Ed.) *Handbook of research in teaching* (2nd ed.), 255-296. New York, NY: MacMillan.
- Cobb, P. (1994). Constructivism and learning. In T. Husen en T.N. Postlewaite (Eds.), *The international encyclopedia of education* (2nd ed.), 1049-1052. Oxford: Pergamon Press.
- Collins, A., J.S. Brown en S.J. Newman (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*, 453-494. Hillsdale: Erlbaum.
- Comenius, J.A. (1892). *Ut Didactica Magna vertaald door H. de Raaf, Grote Onderwijsleer*. Tiel, Corneille, B. (1988). *Beaustenen voor een opleidingsdidactiek, Theorie en Onderzoek met betrekking tot Cognitieve van Aansluitende Onderwijsgerichten*. De Lier: Academisch Boeken Centrum.
- Corte E. de, L. Verschaffel en H. Schroten (1991). Transfer van kennis en cognitieve vaardigheden. *Onderwijskundig lexicon II*, A 3300/1-19. Alphen aan de Rijn: Samson.
- Colquhoun, M. (1988). Motivation and creativity: Toward a synthesis of structural and emergent approaches to cognition. *New ideas in Psychology* 6 (2), 159-176.
- Dam, G. ten, E. van Eek en M. Volman (1992). *Onderwijs en Seks: Een verkenning van leeromgevingen*. Den Haag: Vierde trendrapport SIO-DCO-publicatie.
- Dam, G. ten, M. Ullings en M. Volman (1991). *Seksverschillen in het onderwijs: curriculum, didactiek en organisatie*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Dam, G.T.M. ten en S.E. Severiens (1995). Leerstijlen, leerstrategieën en leeractiviteit. Een meta-analyse van het leren van vrouwen en mannen. *Pedagogische studies*, 26, 206-220.
- Davies, B. (1993). *Shards of Glass: Children Reading and Writing beyond Gendered Identities*. Sydney: Allen and Unwin.
- Dekkers, H. (1990). *Seksenspecifieke studietoeken in het wetenschappelijk onderwijs*. Nijmegen: ITS.
- Deleuze, G. (1967). *De la grammatologie*. Parijs: Editions de Minuit.
- Devlin, K. (2000). *The Math Gene: How Mathematical Thinking Evolved and Why Numbers Are like Gossip*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Dewey, J. (1902). *The child and the curriculum*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Dewey, J. (1929). *The question for certainty*. New York, NY: Minton.
- Dietz, J. (1992). *Leerboek Informatiekunde Analyse*. Deventer: Kluwer Bedrijfswetenschappen.
- Dochy, F.J.R.C. (1992). *Assessment of prior knowledge as a determinant for future learning*. Heerlen: Open Universiteit.
- Dolk, M., F.A.J. Korthagen en Th. Wubbels (2000). Het denken en handelen van leraren in onmiddellijke onderwijsituaties. *Pedagogische Studies*, 77, 101-116.
- Dolle-Willemsen, T.E. en A. Verhulst (1999). *Taal in de klas*. Amsterdam/Antwerpen: Uitgeverij Contact.
- Dolmans, D.H.J.M., W.H. Gijssels, H.G. Schmidt en S.B. van der Meer (1993). Problem Effectiveness in a Course Using Problem-based Learning. *Academic Medicine*, 68 (3), 207-213.
- Dolmans, D.H.J.M., H.A.P. Wolflagen en A.J.J.A. Scherpbier (1996). Interne kwaliteitszorg in ontwikkeling. *Medisch Contact*, 51 (35), 1105-1107.
- Dolmans, D., H.A.P. Wolflagen, C. van der Vleuten en W. Wijnen (1999). *Probleemgericht onderwijs: mythes en methodes*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Duffy, T.M. en D.H. Jonassen (1991). Constructivism: New implications for instructional technology. *Educational Technology*, 31, 7-12.
- Dweck, C.S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41, 1040-1048.
- Eek, E. van (1994). *Het project Coördert exact: een onderzoek naar implementatie en effecten*. Amsterdam: SCO-KI en ILO van de Universiteit van Amsterdam.
- Eek, E. van en M. Volman (1999). *Techniek, leuke hobby: naar haast? Eindrapport Evaluatie Techniek 10 Plus*. Amsterdam: SCO-Kolstam Instituut.
- Eek, E. van en L. Veeke (1986). *Wiskunde met meisjes? Pedagogische Studies*, 63, 293-304.
- Eggink, J., E.J. Leemstra en G.M. Nijssen (1995). *Informatie in model Over gegevens, feiten en afgeleiden*. Beutonen: PNA Publishing.
- Elk, L. van en H. Lodewijks (1995). *Seksenspecifieke verschillen in leerstijlen. Interim-rapport 1*. Tilburg: Sectie Onderwijs- en Opleidingspsychologie Katholieke Universiteit Brabant.
- Emancipatierraad. (1994). *Het moment van Toen: Advies Vrouwen en Technologie*. Den Haag: Emancipatierraad.
- Emmott, N.J. (1983). *Styles of Learning and Teaching*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Freudenthal, H. (1987). *Schrijf dat op: Hans Krupels uit een leven*. Amsterdam: Manteauhoff.
- Freida, N. (1986). *The Emotions*. Cambridge, Paris: Cambridge University Press en Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Gauthier, H. (2000). *Intelligence Reform*. New York, NY: Basic Books.
- Garner, R. (1987). *Monocognitive and reading comprehension*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Gemser, J. (1980). *Over cognitieve stijl II*. Memo 24. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Gemser, J., K.Th. Boerum, H.A.M. Huiz en H.M.C. Eijkelhof (2001). *Bezoek voor SONaT: Onderzoek naar goed practisch op het gebied van samenhangend onderwijs in natuur en techniek in de hantvorming*. Delft: Axis-publicatie.
- Gibbons, M., C. Lantieri, H. Nowomy, S. Schwartzman, P. Scott en M. Trow (1994). *The New production of Knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: SAGE Publications.
- Gick, M.L. en K.J. Holyoak (1987). The cognitive basis of knowledge transfer. In S.M. Cormier en J.D. Hagman (Eds.), *Transfer of learning: contemporary research and application*, 13-46. San Diego, CA: Academic Press.
- Glaser, R. (1991). The Maturig of the Relationship Between the Science of Learning and Cognition and Educational Practice. *Learning and Instruction*, 1, 129-144.
- Gray, W.D. en J.M. Osumu (1987). Transfer of cognitive skills. In S.M. Cormier en J.D. Hagman (Eds.), *Transfer of Learning*, 183-215. New York, NY: Academic Press.
- Griggs, R.A. en J.R. Cox (1982). The elusive thematic-materials effect in Waugh's selection task. *British Journal of Psychology*, 73, 407-420.
- Habbe, R. (1986). Wie maakt nu van een mug een olifant? In G. ten Dam, M. Schoenmaker en J. Schbes (Eds.), *Deleuze: Deleuze van de filosofie tot de literatuur*. Groningen: Andragogisch Instituut.
- Heymans, G. (1910). *Psychologie der vrouwen*. Groningen: Wolters.
- Hiele, P.M. van (1957). *De problematiek van het inzicht: gedemonstreerd aan het inzicht van schoolkinderen in meetkunde-leerstof*. Utrecht: Proefchrift Universiteit Utrecht.
- Hiele, P.M. van (1973). *Begep en inzicht*. Purmerend: Manteau.
- Inspectie van het Onderwijs (1999). *Werk aan de basis: Evaluatie van de hantvorming na vijf jaar*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs.
- Inspectie van het Onderwijs (2002). *Verlag van de staat van onderwijs in Nederland in het jaar 2001*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Joling, E., H.H. ten Voorde en A.H. Verduik (1990). *Verhalendeboek: de totstandkoming van louten beschouwd vanuit een didactische optiek*. Tijdschrift voor Wetenschappen, 3, 197-221.
- Jörg, T., M. Maas en Y. Veld, Th. Wubbels en P. Verswey (1990). *Onderzoek van de geringe populariteit van natuurkunde als examenstof bij meisjes in het APO*. Eindverslag SVO-project 6596. 2^{de} verbeterde versie. Utrecht: Vakgroep Natuurkunde Didactiek van de Rijksuniversiteit Utrecht.
- Jungbluth, P. (1978). *Van traditionele meisjespsychologie tot rationeel onderwijzen*. Nijmegen: Instituut Toegepaste Sociologie.
- Jungbluth, P. (1985). *Docenten over onderwijs aan meisjes: "Practische discriminatie met een dubbele bodem"*. Nijmegen: Instituut Toegepaste Sociologie.
- Klausmair, H.J. (1985). *Educational Psychology* (5th ed.). New York, NY: Harper and Row.
- Klerk, L.F.W. de en P.R.J. Simons (1988). *Diverse opvattingen over leren: Onderwijskundig Lexicon II*. A1100 3-18. Alphen aan de Rijn: Samson.
- Klerk, L.F.W. de en L. Verschaffel (1990). De computer als simulator en tutor van onderwijsleerprocessen. *Pedagogisch Tijdschrift*, 15, 303-312.
- KNAW (1997). *Wetenschap en Techniek Welvaart en Welzijn: Een verkenning van de oorzaken en gevolgen van de sterke dalende van het aantal studenten in de natuur- en technische wetenschappen*. Amsterdam: KNAW.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall.
- Kolb, D.A. en R. Fry (1995). Towards an Applied Theory of Experiential Learning. In C. L. Cooper (Ed.), *Theories of Group Processes*, 33-57. London.
- Korhagen, F.A.J. (1998). *Leren in leren: Realistisch opleidingsonderwijs, geïnspireerd door P.A. Kolstam*. Amsterdam: Vossiuspers AUP (oratie).
- Korving-Engelke, A.E. (1984). *Adviezen van docenten bij de keuze wiskunde, natuurkunde en scheikunde als examenstof. Een onderzoek naar verschillen in adviezen aan jongens en aan meisjes in het vwo, havo en mavo*. In organisatiecommissie ORD (red.), *Tokale papers over*

- voering in het onderwijs. *Bijdrage tot de onderwijswetenschappen*, 1993. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Kuyper, H., M.P.C. van der Werf, m.n.v. C.E. Claas, A. van 't Hoenderdal, D.M. Jongma, J. Karpfhorst, J. Korf en W. Otten (1987). *De invloed van het gebruik van documenten op de prestatie in leer- en onderzoekende activiteiten van wetende dien-acties in het AVO-FWO. Verslag van fase I*. Groningen: Rion.
- Kuyper, H. en M.P.C. van der Werf (1991). De invloed van documenten op de scoreverschillen met betrekking tot wetende. *Tijdschrift voor onderwijswetenschap*, 1, 3-18.
- Lagendijk, A. (2002). Duizend plaatjes. Column in de Volkskrant van 12 januari 2002, 5W.
- Lowijk, J. en N. Verloop (Eds.) (1995). *Onderwijskunde. Een kennishandboek voor professionals*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Maddi, S.R. (1970). The search of meaning. In W.J. Arnold en M.M. Page (Eds.), *Nebraska Symposium on Motivation*. Lincoln: University of Nebraska Press.
- Masche, M.L. (1983). Meaning and motivation. Towards a theory of personal investment. In R.E. Ames en C. Ames (Eds.), *Research on motivation in education: Vol. 1. Student motivation*, 113-144. New York, NY: Academic Press.
- Man in 't Veld, M. (1991). *Emancipatorisch onderwijs in de natuurwetenschappen: gewoon goed onderwijs*. Utrecht: Centrum voor Didactiek van Wetende en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht, Stichting Vrouwen en Exacte vakken (VelX).
- Man in 't Veld, M. en A. Aling (1990). Conferentieverslag. GASAT-1990. *Tijdschrift voor Didactiek der Wetenschappen*, 8. Utrecht: TDJ.
- Mullijssen, M.A.J.M. (1991). *Lessen in orde: Een onderzoek naar leerlingperspectieven in het voortgezet onderwijs*. Amsterdam: Accu.
- Meeder, M. en F. Meester (1984). *Vrouwswetenschap. Meten in het wetendeonderwijs*. Amsterdam: Vrouwendrukkerij Virginia.
- Meijer, M. (1991). *Binaire opposities en academische problemen*. *Tijdschrift voor vrouwenstudies*, 12, 1.
- Middelink, J.W. (1991). *Systeematische natuurkunde voor horendbouw horend*. Apeldoorn: Van Walraven.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1989). *Advies over de Eindexamen Basisvorming in het Voortgezet Onderwijs. 12. Natuur- en Scheikunde*. Den Haag: DOP.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1990). *Evaluatie voorlichtingscampagne Kiv Exact*. Den Haag: Centrale directie voorlichting, bibliotheek en internationale betrekkingen.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1997). *Teken van kwaliteit*. Den Haag: Sdu.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1998). *Een krans van kansen. Emancipatorisch 1998-2002*. Den Haag: Sdu.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (2001). *Wet op de Beroepen in het Onderwijs*. Den Haag: Sdu.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (2003). *Ruimte laten en kansen bieden in de Tweede Fase HAVO en VWO*. Den Haag: Sdu.
- Mustard, J.F., V.R. Neufeld, W.J. Walde en J. Cochran (1982). *New trends in health sciences education, research and services: The McMaster experience*. New York, NY: Praeger Publishing.
- NGGO (1990). *16 Methoden voor systeemontwikkeling. Een vergelijkend rapport van het NGGO Onder S.F.N. van 't Veld*. Amsterdam: Titein Nothenius.
- Nicholls, J.G. (1987). *Motivational orientations: Individual and classroom differences*. Paper presented at the Secondary Workshop on Achievement and Task Motivation, Ringberg Castle, Tegernsee.
- Nijssen, G.M. en T.A. Halpin (1989). *Schema and Relational Database Design. A fact oriented approach*. Sydney: Prentice Hall.
- Nijssen, G.M. en A.G. de Vos (1991). *Matematiek. Informatieanalyse en gegevensbankontwerp*. Sluisken: Nijssen Adviesbureau.
- Nijssen, G.M. (1993). *Universiteits Informatiekunde*. Breda: PNA Publishing.
- Oakley, A. (1972). *Sex, Gender Society*. Maurice Temple Smith, London. In 1975 vertaald als: *Op gelijke voet. Verscheiden verschillen tussen man en vrouw*. Bloemendaal: Nelissen.
- Offereins, M. (1996). *Vrouwen Miniaturen. Biografische schetsen uit de exacte vakken*. Utrecht: Centrum Vrouwen en Exacte Vakken.
- Oosterheert, J.E. en J.D. Vermunt (2001). Individual differences in learning to teach - relating cognition, regulation and affect. *Learning and Instruction*, 11 (2), 133-156.
- Oosterheert, J.E., J.D. Vermunt en R. Verstra (2002). Manieren van leren onderwijzen en relaties met persoonsgebonden en contextuele variabelen. *Pedagogische Studies*, 79, 251-268.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2001a). *Education at a Glance*. Paris: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2001b). *Knowledge and skills for life: First results from PISA 2000*. Paris: OECD.
- OSA (1998). *Veerdigheid in perspectief*. Den Haag: OSA.
- Oversman-Cremm, R. (1991). *Informatica- en didactiek door hoogbegavde leerlingen bij het oplossen van werklingsproblemen*. De Lier: Academisch boekencentrum.
- Pask, G. (1985). Learning strategies, teaching strategies and conceptual or learning style. In R.R. Schmeck (Ed.), *Learning strategies and learning styles*, 83-100. New York, NY: Plenum Press.
- Peeck, J. (1993). Increasing picture effects in learning from illustrated text. *Learning and Instruction*, 3, 227-238.
- Peters, C. (1987). *Meisjes, informatica en didactiek. Een literatuurstudie i.o.v. het COBO-project Meisjes, Informatica en Didactiek*. Utrecht: COBO.
- PMB (1993a). *Van kernstof naar praktijk, deel A*. Almere: ProcesManagement Basisvorming.
- PMB (1993b). *Van kernstof naar praktijk, deel B*. Almere: ProcesManagement Basisvorming.
- Renkema, M. et al. (2000). *Diversiteit in de klas. Een onderzoek naar omgaan met verschillen*. Nijmegen: Instituut voor Toegepaste Sociale Wetenschappen.
- Ressick, L.B. (1983). Toward a cognitive theory of instruction. In S. Paris, G. Olson en H. Stevenson (Eds.) *Learning and motivation in the classroom*, 5-34. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ressick, L.B. (1987). Learning in school and out. *Educational researcher*, 16 (12), 13-20.
- Riethof, M., V. Fens, B. Habli en H. Visser (1987). Vrouwen leren 'op aaraken'. De verhouding met theorieën benoemd en 'toegestaan' in G. ten Dam, D. Jeltens, J. Koep, M. Schaumacker en M. Volman (Eds.), *Leven*, 41-48. Groningen: Zomerniversiteit Vrouwenstudies.
- Rikhof-van Tilck, M. en I. Neuman (1989). *Systeem van vrouwen, meisjes, informatica en didactiek*. Utrecht: COBO/CIBB.
- ROA (1993). *Teacher in techniek? Research Centrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt*. Maastricht: Universiteit Limburg.
- Rooijfs, E.C., H.A.M. Franzen, A.A.M. Houtveen en N.A.J. Lagerweij (1999). Een dieptestudie naar authentiek leren in de Basisvorming. Docentgedrag, methodengebruik, en leerlingpercepties. *Pedagogische Studies*, 76 (4), 258-272.
- Rooijfs, E.C. en A.A.M. Houtveen (1999). Didactiek van authentiek leren in de basisvorming. *Pedagogische Studies*, 76 (4), 237-257.
- Rogers, C. (1969). *Freedom to Learn*. Columbus, OH: Charles E. Merrill.
- Rossum, E.J. en S.M. Schenk (1982). Eerste- of tweede-orde perspectief: Een compromis. In J. Suls en A.G. Greenwald (Eds.), *Psychological perspective on the self*, Vol. 3. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Salomon, G. en D.N. Perkins (1990). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24, 113-142.
- SBL (2002). *Leraar: beelden van bekwaamheid (cd-rom)*. Den Haag: SBL.
- Schmeck, R.R. en E. Geisler-Bernstein (1989). Individual differences that affect the way students approach learning. *Learning and Individual Differences*, 1, 85-124.
- Schmidt, H.G. (1983). Intrinsieke motivatie en studietoestand: enkele verkennende onderzoeken. *Pedagogische Studies*, 60, 385-395.
- Schmidt, H.G. en J.H.C. Mout (1998). *Probleemgeïntendeerd onderwijs. Praktijk en theorie*. UvA Hoger Onderwijs Reeks. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Schnabel, P. (2000). *Een sociale en culturele verkenning van de langere termijn. Trends, dilemma's en beleid*. 's-Gravenhage: CPB/SCP.
- Schneider, W., J. Körkü en T.E. Weinert (1988). *Expert knowledge, general abilities and learning*. Paper presented at the workshop on Interactions among aptitudes, Strategies and knowledge in cognitive performance, München.
- Schneider, K. (1989). *Motivation and performance*. Paper presented at the first European congress of Psychology, Amsterdam.
- Schouta, W. (Ed.) (1993). Comprehension of graphics in Texts. *Learning and Instruction*, 3, 151-169.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense-making in mathematics. In D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics learning and teaching*, 134-370. New York, NY: MacMillan.
- Schroiber, A. Th., I.M. Akkermans, A.A. Anjewierden, R. de Hoog, N.R. Shalib, W. Van de Veld en B.J. Wieringa (1999). *Knowledge Engineering and Management The CommonKADS Methodology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Schunk, D.H. (1990). Motivation and self-efficacy [special issue]. *Journal of Educational Psychology*, 82 (1), 3-6.
- Soot, J. W. (1989). Deconstructie van gelijkheid-versus-verschil. De bruikbaarheid van de poststructuralistische theorie voor het feminisme, in *Tiende jaarkboek voor Vrouwenstudies*.

- Nijmegen: SLN (oorspronkelijke titel in 1988: Deconstructing Equality-versus-Difference: Or, the Uses of Poststructuralist Theory for Feminism, in *Feminist Studies*, 14).
- Siegert, G.H.J. en M. Bockerts (1992). *Gender-related differences in motivation and arithmetic ability*. Paper presented at the European Conference on Educational Research, Enschede.
- Severiens, S., G.T.M. ten Dam en E. Nijhuis (1998). Ways of knowing and patterns of reasoning: Searching for gender-sensitive dimensions. *Gender and Education*, 10 (3), 327-342.
- Severiens, S. en G.T.M. ten Dam (1998). A multilevel meta-analysis of gender differences in learning orientations. *British Journal of Educational Psychology*, 68, 595-608.
- Simon, D.P. en H.A. Simon (1987). Individual differences in solving physics problems. In R.S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, NY: Erlbaum.
- Simons, P.R.J. en J.G.L.C. Lodewijks (1987). Regulatory cognitions during learning from text. In E. De Corte, H. Lodewijks, R. Pannuier en P. Span (Eds.), *Learning and instruction: European research in an international context*, 1, 357-368. Oxford: Leuven University Press and Pergamon.
- Simons, P.R.J. (1990). *Transformeren*. Nijmegen: QuickPrint.
- Simons, P.R.J. en F.P.C.M. de Jong (1992). Metacognitive skills and computer aided instruction. *Applied Psychology: An international review*, 41 (4), 333-346.
- SLO (1993). *Techniek ook een vak voor meisjes*. Enschede: SLO.
- Stellen-Halendong, H. en D. Dolmann (1999). *Constructie van Modellen in probleemgeïntende onderwijs*. Hoger Onderwijs Praktijk. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Stechouder, M., C. Jansen, K. Maat, J. van der Sluis, D. de Vet, M. Wittevoet en E. Woodstra (1999). *Leven communiceren. Handboek voor mondelinge en schriftelijke communicatie*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Stenberg, R.J. (1988). Mental self-government: a theory of intellectual styles and their development. *Human Development*, 31, 197-224.
- Struut, A. van (2001). *Het denken bewonderen*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.
- Taanen, N., P. Hendriks en T. Audringa (1997). *Brainmakers en Breinbrekers: Inleiding cognitiewetenschap*. Amsterdam: Addison Wesley en Langman.
- Tennyson, R.D. (1994). Concept Learning. In T. Husen en T.N. Postlethwaite (Eds.), *The international encyclopedia of education* (2nd ed.), 1016-1020. Oxford: Pergamon Press.
- The Vanderbilt Cognition and Technology group (1990). Anchored instruction and its relation to situated cognition. *Educational Researcher*, 19 (6), 2-10.
- Tienhoven, H. (2000). *De gemotiveerde docent*. Amersfoort: CPS.
- Tobias, S. (1978, 1994 revised). *Overcoming Math Anxiety*. New York, NY: Norton.
- Uetz, D., H. Dekkers en J. Dronkers (1999). Wiskunde- en taalvaardigheid als voorspeller van B-keuren in het voortgezet onderwijs. *Pedagogische Studiën*, 76 (3), 170-187.
- Vuoris, M. en E. Lehtinen (1991). *Cognitive motivational training with learning disabled: Solving problems in transfer?* Paper presented at the Fourth European Conference for Research on Learning and Instruction, Turkey.
- Veeken, L., E. van Eck, J. Spetter en A. de Visch-Eybergen (1982). *Kiezen en delen: factoren in het onderwijs die van invloed zijn op de onderwijskeuzen van meisjes*. Amsterdam: SCO.
- Veen, K. et al. (1999). Opvattingen van docenten in het voortgezet onderwijs over hun professionaliteit. *Pedagogische Studiën*, 24 (4), 401-431.
- Veenman, M.V.J., J.J. Elshout en V.V. Bissels (1992). *Metacognitive modulation in learning with computer-based simulations*. Paper presented at the European Conference on Educational Research, Enschede.
- VeEX en VITO (1994). *Stroomopwaarts: Arbeidsrapport over de verspreiding van de tweede fase van het vo in het licht van doelname van meisjes aan exacte vakken en het hoger technisch onderwijs*. Stichting Vrouwen en Exacte Vakken (VeEX) en Stichting Vrouwen en Hoger Technisch Onderwijs (VITO).
- Vermunt, J.D.H.M. (1992). *Leervrijlen en sturen van leerproces in het hoger onderwijs*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- VITO (2001). *Technova, integrale Emancipatoire innovatie HBO*. Amsterdam: VITO.
- Wamstik, J.H. (1967). *Didactische oriëntatie voor wiskundelerares*. Groningen: Wolters.
- Wason, P.C. (1966). Reasoning. In B.M. Foss (Ed.), *New Horizons in Psychology*. Harmondsworth: Penguin.
- Werf, M.P.C. van der (1986). Vrouwelijke docenten als identificatiemodellen voor meisjes. *Pedagogische Studiën*, 63 (7/8), 305-314.
- Witte, M. (1994). *Meisjes en 4WO wiskunde B*. Utrecht: Stichting VeEX.
- Wijnstra, J. M. (2001). *Beeldbare kennis en vaardigheden voor jonge mensen*. Arnhem: CITO-groep.
- Wolters, F.J.M. en G.H. Wolters-Hoff (2001). Natuurkunde en het NT-profiel... iets voor meisjes? *NVOG*, 26 (1).

Appendices

Appendix A Het evaluatieformulier

Voorbeeld_{IG} Onderwijs

les ... datum ...

ik ben een

meisje / jongen

de afgehoefde beoordeling van deze les geef ik het cijfer:

de drie belangrijkste punten die de docent deze les wilde behandelen zijn:

met cijfer voor uitleg

| |
|--|
| |
| |
| |

| |
|--|
| |
| |
| |

de drie belangrijkste zaken die ik in deze les geleerd heb zijn:

met cijfer voor mijn begrip nu

| |
|--|
| |
| |
| |

| |
|--|
| |
| |
| |

eventuele opmerkingen:

| |
|--|
| |
|--|

Appendix B Resultaten pilotstudie

De pilotstudie is uitgevoerd tijdens colleges aan eerstejaars studenten van de opleiding Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden. De hier getoonde resultaten zijn van een aansluitende reeks colleges informaticaanalyse die ik gaf in de tijdsperiode oktober 2000 tot januari 2001. De opzet van de reeks colleges was als volgt.

- Van alle geëvalueerde colleges is een video-opname gemaakt.
- Alle colleges vonden plaats het 1^e en 2^{de} uur.
- In periode twee (P2) werd de oorspronkelijke les gegeven aan groep c&d en de herhaling (eventueel aangepast) aan de groep a&b.
- In periode drie (P3) werd de volgorde omgedraaid.

In 7.1.3 bespreek ik de resultaten van de colleges in periode 3 week 3 (P3w3) en in 7.1.4 de resultaten van de colleges in periode 2 week 2 (P2w2).

| Periode week | Groep | Onderwerp/aanpassing | Beoordeling | | |
|--------------|-------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | | | Algemene indruk | Lesgeven docent | Lezen student |
| P2w2 | c&d | Normalisatie | 7,09 ± 0,09 | 7,01 ± 0,07 | 6,83 ± 0,11 |
| | a&b | Start met metagrammaticaal voorbeeld | 7,36 ± 0,15 | 7,22 ± 0,10 | 7,08 ± 0,14 |
| P2w3 | c&d | Equivalente transformatie | 7,02 ± 0,13 | 7,07 ± 0,08 | 6,96 ± 0,08 |
| | a&b | Start met metagrammaticaal voorbeeld | 7,42 ± 0,15 | 7,36 ± 0,11 | 7,16 ± 0,12 |
| P2w4 | c&d | ONT-transformatie | 7,02 ± 0,13 | 7,07 ± 0,08 | 6,96 ± 0,08 |
| | a&b | Idem en geen verwijzingen | 7,42 ± 0,15 | 7,36 ± 0,11 | 7,16 ± 0,12 |
| P2w5 | c&d | Proufloets | 6,71 ± 0,26 | 6,69 ± 0,12 | 6,67 ± 0,11 |
| | a&b | Scoreverschil | 7,50 ± 0,55 | 7,50 ± 0,35 | 7,00 ± 0,50 |
| P3w2 | a&b | Subtypering | 7,08 ± 0,23 | 7,27 ± 0,15 | 6,91 ± 0,31 |
| | c&d | Grote lijnen extra herhalen | 7,02 ± 0,17 | 7,24 ± 0,13 | 7,41 ± 0,13 |
| P3w3 | a&b | Klassediagram | 7,21 ± 0,10 | 7,19 ± 0,10 | 7,16 ± 0,12 |
| | c&d | Geen <i>akkoord</i> les | 7,17 ± 0,14 | 7,21 ± 0,08 | 7,34 ± 0,11 |
| P3w4 | a&b | Metagrammatica | 7,41 ± 0,12 | 7,57 ± 0,15 | 7,35 ± 0,11 |
| | c&d | Scoreverschil | 7,39 ± 0,13 | 7,33 ± 0,11 | 7,19 ± 0,10 |

Lijst van afkortingen

| | |
|----------|---|
| ANW | Algemene Natuurwetenschappen |
| AOb | Algemeen Onderwijs bond |
| AWT | Adviesraad voor het Wetenschap- en Technologiebeleid |
| BVE | Beroepsonderwijs en Volwassenenopleiding |
| C&M | Cultuur & Maatschappij |
| CBS | Centraal Bureau voor de Statistiek |
| CCC | Cross-curricular competencies |
| CITO | Centraal Instituut voor Toetsontwikkeling |
| COB | Commissie van Overleg Sectorronden |
| DCE | Directie Coördinatie Emancipatiebeleid |
| E&M | Economie & Maatschappij |
| EQ | Emotionele Intelligentie |
| ER | Entity Relation |
| FOM | Fundamenteel Onderzoek van de Materie |
| HAVO | Hoger Algemeen Voortgezet Onderwijs |
| HEWET | Herverkaveling Wiskunde Een en Twee |
| HOGOP | Hoger Onderwijs en Onderzoek Plan |
| HTS | Hogere Technische School |
| IG | InformatieGrammatica |
| ISAC | Information Systems work and Analysis of Changes |
| KNAW | Koninklijke Nederlandse Akademie van de Wetenschappen |
| MAYO | Middelbaar Algemeen Voortgezet Onderwijs |
| MinOCasW | Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen |
| N&G | Natuur & Gezondheid |
| N&T | Natuur & Techniek |
| NHL | Noordelijke Hogeschool Leeuwarden |
| NIAM | Natuurlijke taal InformatieAnalyseMethode |
| NNV | Nederlandse Natuurkundige Vereniging |
| NPN | Nederlands Platform voor Natuurkunde |
| NVON | Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen |
| NVOX | Verenigingsblad van de NVON |
| NVvW | Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraars |
| NWO | Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek |
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| OESO | Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling |
| OSA | Organisatie voor Strategisch Arbeidsmarktonderzoek |
| PGO | ProbleemGestuurd Onderwijs |
| PISA | Programme for International Student Assessment |
| PMH | ProcesManagement Basisvorming |
| PO | Project Onderwijs |
| ROA | Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt |
| SBL | Stichting Samenwerkingsorgaan Beroepskwaliteit Leren |
| SDM | System Development Methodology |
| SLO | Stichting voor de Leerplan Ontwikkeling |
| SVO | Stichting voor Onderzoek van het Onderwijs |
| TIMMS | Trends in International Mathematics and Science Study |
| VHTO | Stichting Vrouwen in Hoger Technisch Onderwijs |
| VMBO | Voorbereidend Middelbaar Beroep Onderwijs |
| VSNU | Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten |
| VVAO | Vereniging van Vrouwen met een Hogere Opleiding |
| VVO | Vereniging voor het management in het Voortgezet Onderwijs |
| VWO | Voorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs |

Index

Zakenregister

- Abstract denkvermogen, 59, 61
- Anti-didactische inversie, 53, 149, 184, 195
- ASI-indeling, 53
- Authentiek leren, 42
- Betekenisgerichte leerstijl, 45, 93
- Binaire oppositie, 57
- Cellospelen, 97
- Combinatorial learning, 80
- Competenties, 140, 148, 150
- Concrete voorbeelden, 3, 11, 17, 42
- Contextrijke voorstellingen, 53, 67, 160
- Cross-Curricular Competencies, 40
- Deductief, 49
- Denkniveau, 18, 49, 53
- Denktrant, 51, 53, 54
- Diep verwerken, 77
- Diversiteit, 35, 41, 43
- Drielagen-structuur, 19, 21, 23, 100
- Elaboratie, 77, 153, 161
- Elementaire zinnen, 73, 115
- Emotionele intelligentie, 35
- Epistemological Reflection model, 43
- Ervaringsleren, 90
- Ervaringswereld, 18, 42, 136, 161, 203
- Feiten, 19, 62, 87, 89
- Geconditionaliseerde kennis, 89
- Gender, 43, 56
- Good practices, 39
- Grote lijnen, 16, 20, 62, 76, 87, 129, 136
- Informatiegrammatica, 78, 80, 117
- Inductief onderwijsproces, 49
- Informatieanalysemethode, 8, 21, 62
- Informatieoverdracht, 21
- Informeel leren, 47
- Intelligentie, 38
- Intrinsieke motivatie, 162
- Kenniseconomie, 35, 38
- Kennistransfer, 162
- Keuzeprofiel, 73
- Klasesfeer, 92
- Leerstijl, 43, 93
- Leerstrategie, 91
- Meervoudige intelligentie, 38
- Mentale voorstelling, 3, 7, 11
- Metagrammatica, 100
- Misconcepties, 95, 161
- Modus leren, 38
- Nieuwe leren, 38
- Ongerichte leerstijl, 93
- Ontdekkend leren, 151
- Onzekerheid, 102, 105, 107
- Oude leren, 38
- Overeenkomsten, 17, 81, 99, 134
- Prestatiegerichte leerstijl, 45
- Prioritaire kennisvragen, 41
- Probleemgestuurd onderwijs, 35, 153
- Profielkeuze, 36
- Relevant voorbeeld, 14, 69, 127, 131
- Reproductiegerichte leerstijl, 45, 93
- Roddelen, 60
- Roeien, 97, 209
- Routetransfer, 92
- Ruis, 71, 73
- Samenhang grote lijnen, 9, 87, 121
- Samenhangend onderwijs, 33, 142
- Samenleving, 38
- Sekseverschil, 41, 55, 58, 147
- Sociale intelligentie, 35, 103
- Socialisatieverschil, 55, 58
- Studentgericht leren, 152
- Studeerhuis, 35
- Subordinate learning, 80, 185
- Superordinate learning, 80, 185
- Taakgeoriënteerd, 95
- Theorieconstructie, 152

Toepassingsgerichte leerstijl, 93
 Totaliteit, 81, 110
 Transfer, 88, 89
 Trucje, 10, 59, 60, 61, 100, 209
 TVS-karakteristieken, 141, 143, 149
 Unicitéit, 83
 Universe of Discourse, 66, 127, 154
 Verankerde instructie, 89

Verduidelijkingsdialoog, 81, 86, 94
 Verschillen, 17, 81, 101, 134
 Verwoorden, 15, 71, 71, 98
 Voorkennis, 70, 88
 Zelfbeeld, 54
 Zelfstandigheid, 157, 163
 Zelfwaardering, 54

Namenregister

Adams, 58
 Ali, 86
 Alting, 56, 145
 Ames, 92
 Arends, 58
 Ausubel, 75, 78, 80, 185
 AWT, 30, 38, 40, 41, 44, 144, 151
 Axis, 32, 33, 34
 Bahle, 3
 Bakema, 65, 168
 Barrows, 151
 Baxter, 43, 44
 Belotti, 56
 Bem, 57
 Boekaerts, 86, 88, 91, 149
 Boltjes, 27, 123, 137
 Borkowski, 150
 Bot, 173, 174, 176
 Brooks, 89
 Brown, 89, 92
 Bruner, 151
 Chodorow, 55, 58, 59, 61
 Clark, 148
 Collins, 89, 92
 Comenius, 189
 Corporaal, 148
 Cox, 68
 Dam, 43, 44, 45, 58, 90
 Davies, 57
 Dekkers, 56
 Derrida, 57, 58
 Devlin, 60
 Dewey, 151
 Dietz, 65
 Dochy, 71
 Dolk, 149
 Dolle-Willemsen, 147
 Dolmans, 158, 159, 161
 Duffy, 89
 Eck, 43, 148
 Eggink, 65
 Entwistle, 45
 Freudenthal, 53, 149
 Frijda, 46
 Gardner, 39
 Geraedts, 34

Gibbons, 40
 Gick, 89
 Glaser, 158
 Gray, 89
 Griggs, 67, 68
 Hendriks, 67
 Heymans, 42
 Hiele, 49, 50, 51
 Inspectie van het Onderwijs, 144
 Johnson-Laird, 68
 Jörg, 48, 132
 Junghuth, 146
 Klausmeier, 76
 KNAW, 29, 32, 37
 Kolb, 91
 Korthagen, 149
 Korving-den Engelse, 55
 Kuiper, 56
 Lagendijk, 59, 60
 Matthijssen, 86
 Meeder, 34
 Meijer, 57, 60
 Middelink, 102
 MinOCenW, 34, 35, 36, 42, 57, 139
 Mustard, 152
 NGGO, 65
 NIAM, 7, 18, 65, 115
 Nicholls, 92
 Nijssen, 7, 8, 19, 22, 75, 72
 NPN, 37
 Oakley, 56
 OECD, 30, 31, 32, 46, 58, 105
 Offereins, 103, 151
 Oosterheert, 45, 149
 OSA, 35
 PISA, 31, 32, 46, 54, 47, 58, 105
 PMB, 141
 ROA, 48
 Roelofs, 142, 143, 150
 Rogers, 152
 Rossum, 89
 Salomon, 92
 SBL, 139, 140
 Schneck, 77
 Schmidt, 152, 161
 Schnabel, 38

Schneider, 70, 88, 89
 Schreiber, 22
 Schunk, 150
 Scott, 56
 Severiens, 43, 44, 45, 90
 Simons, 73, 86, 91, 92
 Snellen-Balendong, 159
 Steehouder, 116
 Sternberg, 243
 Technika10, 43
 Temmyson, 76
 Tienhoven, 143
 Tobias, 7, 27, 28, 48

Lierz, 56
 VanderBilt, 89, 91
 Vauras, 150
 Vermant, 45, 73, 93, 149, 160, 162
 Verruijt, 29, 32
 Vijlder, 38, 39
 Volman, 43, 58, 147
 Wansink, 51
 Wason, 67
 Wemert, 70
 Wijnstra, 31
 Wolters, 49

Samenvatting

Er zijn weinig meisjes die exacte vakken kiezen. Dat ligt volgens mij niet aan de meisjes, maar aan de gangbare manier van leren en lesgeven. Dit onderzoek geeft aan dat de herformulering van een informatieanalysemethode een leer- en lesmethode biedt die goed aansluit bij de manier waarop meisjes leren. De methode gaat uit van voorbeelden, vandaar dat zij *voorbeeldgestuurd onderwijs* is genoemd.

Hoofdstuk 1 is een inleidend hoofdstuk over mijn eigen ervaringen. In hoofdstuk 2 geef ik een voorbeeld van voorbeeldgestuurd onderwijs. Het hoofdstuk sluit ik af met de probleemstelling en de doelstelling van mijn onderzoek. Ze luiden als volgt.

Probleemstelling:

Kan het technisch en natuurkundig onderwijs zo worden ingericht dat het niet langer ontmoedigend is voor meisjes?

Doelstelling:

Het ontwikkelen van een onderwijsmethode die beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren dan de gangbare onderwijsmethoden.

In hoofdstuk 3 beschrijf ik dat voorbeeldgestuurd onderwijs een opstap biedt naar abstract denken, vooral voor meisjes. Daartoe bespreek ik (1) het nieuwe leren, (2) het verschil in schoolprestaties tussen meisjes en jongens en (3) de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs.

(1) In onze snel veranderende samenleving zien we een verschuiving van het oude leren naar het nieuwe leren. Staun bij het oude leren de theorie en het lesgeven van de docent centraal, bij het nieuwe leren verandert dat naar het centraal stellen van vragen van de leerling. Het nieuwe leren gaat uit van een grote invloed van het informele leren door het gebruik van de ervaringen van de leerlingen. Voorts moet het nieuwe leren aansluiten bij meervoudige intelligenties, waarbij sociale en emotionele intelligentie een grotere invloed zullen verkrijgen dan ze hadden bij het oude leren. De veranderingen sluiten met name aan bij de wijze waarop meisjes leren. Drie onderwijsvormen die gebruik maken van het nieuwe leren zijn: competentiegericht onderwijs, projectonderwijs en probleemgestuurd onderwijs. De genoemde vormen van het nieuwe leren worden echter niet toegepast in klassikaal onderwijs. Toch wordt in de huidige praktijk nog vaak klassikaal lesgegeven, zeker in de basisvorming waar leerlingen kunnen kiezen voor een technisch profiel. Ik verwacht overigens dat deze klassikale onderwijsvorm nog lang zal bestaan. Voorbeeldgestuurd onderwijs is in dat geval volgens mij de beste onderwijsmethode. Voorbeeldgestuurd onderwijs benut immers volledig de voordelen van het nieuwe leren binnen het klassikaal onderwijs.

(2) Het verschil in schoolprestaties tussen meisjes en jongens blijkt niet te ontstaan door een verschil in cognitief vermogen, maar door een verschil in zelfbeeld ten opzichte van de behaalde score. Meisjes hebben een lager zelfbeeld van hun eigen

kunnen dan jongens. Daarbij is niet het sekseverschil het belangrijkste onderscheid, maar het socialisatieverschil tussen de seksen. In het socialisatieproces ontstaat het verschil in abstract denken tussen meisjes en jongens: meisjes geven eerder toe aan hun onzekerheid en jongens houden eerder vast aan de grote lijnen.

(3) Voorbeeldgestuurd onderwijs sluit aan bij de onzekerheid van de leerling. Het gaat ervan uit dat goede informatieoverdracht plaatsvindt in drie lagen: de voorbeelden bevinden zich daarbij in de bovenste laag, de grote lijnen in de middelste laag en de feiten in de onderste laag. De denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs is (a) uit het voorbeeld (de bovenste laag) op geloofwaardige inductieve wijze de grote lijnen (uit de middelste laag) analyseren en (b) op inductieve wijze de grote lijnen (uit de middelste laag) vergelijken met de voorbeelden (van de bovenste laag). Deze manier van denken is een opstap naar abstract denken. De voorbeelden komen uit de ervaringswereld van de leerling die zij begrijpt. Daarbij ervaart de leerling de grootst mogelijke zekerheid.

In hoofdstuk 4 wordt aan de hand van voorbeelden het stappenplan van voorbeeldgestuurd leren gepresenteerd. Iedere stap afzonderlijk wordt getoetst aan de literatuur van leerpsychologie en onderwijsdidactiek. Voorbeeldgestuurd leren kan worden gebruikt door studenten met een grote diversiteit aan leerstijlen, en stuurt zonnodig bij naar de betekenisgerichte en/of toepassingsgerichte leerstijl.

In hoofdstuk 5 geef ik weer dat studenten voorbeeldgestuurd leren ervaren als een uitstekende leermethode. De trend geeft aan dat het zelfstandig uitvoeren van het stappenplan van de informatieanalysemethode een opstap biedt bij het leren.

In hoofdstuk 6 bespreek ik aan de hand van een voorbeeld het stappenplan van voorbeeldgestuurd lesgeven. Het stappenplan wordt getoetst aan de huidige vormen van onderwijsdidactiek en aan de competenties waarover docenten moeten beschikken om goed les te kunnen geven. Tevens wordt voorbeeldgestuurd onderwijs vergeleken met een van de vormen van het nieuwe leren, namelijk probleemgestuurd onderwijs. De overeenkomsten blijken groot te zijn. Het opvallendste verschil tussen beide typen onderwijs ligt in de organisatie van het onderwijs. Voorbeeldgestuurd onderwijs is namelijk klassikaal toepasbaar. Dat biedt de leraar de mogelijkheid de diepgang van de leerdoelen te bewaken en te bevorderen. Voorbeeldgestuurd onderwijs biedt een stappenplan waarmee de leerling *leert* zelfstandig te leren; het is dus ook bij uitstek geschikt voor de jongere onzekere leerling.

In hoofdstuk 7 zijn de resultaten gepresenteerd van (1) de beoordeling van studenten en leerlingen van traditioneel klassikaal lesgeven, (2) de beoordeling van studenten en leerlingen van voorbeeldgestuurd lesgeven, (3) het aantal spontane reacties van meisjes in de natuurkundeles en (4) de ervaring van de docenten bij voorbeeldgestuurd lesgeven.

(1) Meisjes vluchten in het traditionele onderwijs door hun onzekerheid naar een reproductieve leerstijl die gebruikmaakt van uit het hoofd leren van feiten (de onderste laag). Jongens doen dit niet omdat zij, zoals gezegd, zich eerder en meer vasthouden aan de grote lijnen (de middelste laag). Meisjes beoordelen traditioneel onderwijs dan ook lager dan jongens.

(2) Uit de resultaten blijkt dat studenten en leerlingen voorbeeldgestuurd lesgeven significant hoger beoordelen dan de traditionele manier van klassikaal lesgeven. Deze resultaten zijn gevonden in zowel het HBO als het HAVO.

(3) Het aantal spontane reacties van meisjes tijdens voorbeeldgestuurd gegeven natuurkundelessen is meer dan verdubbeld ten opzichte van traditioneel gegeven lessen.

(4) De docenten ervaren voorbeeldgestuurd lesgeven als een natuurlijke manier van het 'van achteren naar voren lesgeven'. Voor docenten vraagt het slechts een geringe, maar wel fundamentele aanpassing om hun lessen voorbeeldgestuurd te geven. De omschakeling kan in ongeveer vijf lessen plaatsvinden. De spontane reacties van de leerlingen vormen als voorbeelden een wezenlijk onderdeel van de les en worden niet ervaren als ordeverstoring. Een leraar vertelde dat hij meer plezier had gekregen in het lesgeven.

In hoofdstuk 8 staan de conclusies over (1) het aansluiten van voorbeeldgestuurd lesgeven bij de wijze waarop meisjes leren, (2) het egaliseren van het socialisatieverschil, (3) het universeel toepasbaar zijn en (4) het gebruik van het stappenplan.

(1) Uit de resultaten zien we de trend dat voorbeeldgestuurd onderwijs aanzienlijk beter aansluit bij de manier waarop meisjes natuurkunde leren, dan bij de gangbare manier van lesgeven.

(2) Die trend geldt niet alleen voor meisjes, maar ook voor jongens. De beoordeling van voorbeeldgestuurd lesgeven van meisjes stijgt van de onderste laag (de feiten) naar de bovenste laag (het voorbeeld). De beoordeling van voorbeeldgestuurd lesgeven van jongens stijgt van de middelste laag (de grote lijnen) naar de bovenste laag (het voorbeeld). De beoordeling van meisjes stijgt dus meer dan de beoordeling van jongens. Het is zelfs zoveel meer, dat de lagere beoordeling van meisjes bij traditioneel onderwijs volledig wordt gecompenseerd. Bij voorbeeldgestuurd onderwijs bereiken meisjes en jongens uiteindelijk een vrijwel even hoge beoordeling. Deze resultaten laten de trend zien dat de denktrant van voorbeeldgestuurd onderwijs het socialisatieverschil tussen de seksen egaliseert.

Onzekerheid is niet verkeerd. De kracht van voorbeeldgestuurd onderwijs is evenwel dat het tracht de leerling een zo groot mogelijk gevoel van zekerheid te geven, door deze onzekerheid te laten accepteren. Hoewel meisjes mogelijk meer dan jongens toegeven aan hun onzekerheid, zijn ook jongens onzeker. Dus beiden gaan vooruit bij het gebruik van voorbeeldgestuurd lesgeven.

(3) De oorspronkelijke informatieanalysemethode stelt onafhankelijk te zijn van het soort onderwerp dat geanalyseerd wordt, onafhankelijk van de complexiteit van het onderwerp en onafhankelijk van de hoeveelheid informatie. Dit doet verwachten dat de herformulering van een informatieanalysemethode naar voorbeeldgestuurd onderwijs leidt tot een leer- en lesmethode die onafhankelijk is van het onderwerp, het abstractieniveau en van de hoeveelheid informatie. De geobserveerde trend is dan ook dat voorbeeldgestuurd lesgeven niet alleen beter aansluit bij de manier waarop meisjes en jongens natuurkunde leren, maar ook beter aansluit bij de manier waarop meisjes en jongens andere vakken leren.

(4) Voorbeeldgestuurd leren en lesgeven hebben een stappenplan. Derhalve is het mogelijk met behulp van de methode iemand te *leren leren* en te *leren lesgeven*.

Het onderzoek geeft een overduidelijke trend aan dat voorbeeldgestuurd onderwijs een algemene, klassikaal bruikbare didactiek biedt, die zowel aansluit bij de manier waarop meisjes leren als bij die waarop jongens leren. Dit resultaat overtuigt de doelstelling.

Summary

Generally speaking, few girls elect science subjects in their study program. In my opinion, this is not because of the girls themselves, but it is due to the current way of learning as well as that of teaching. The present research indicates the reformulation of an information analysis methodology to be a solid learning and teaching method that links up very well with the way girls learn. The method is based upon the use of examples, and is consequently called *example-based education*.

Chapter 1 introduces my personal experiences, professional as well as private, inasmuch I consider these to be relevant to the research.

In chapter 2 I illustrate example-based education and I conclude this chapter with the problem definition and the research objective which read as follows.

Problem definition:

How to set up technical and science curricula in such a way that girls are no longer discouraged?

Research objective:

To develop a better education method that suits the way in which girls learn physics as compared with the current education methods.

Chapter 3 shows that example-based education is a stepping-stone towards abstract intellectual capacity, particularly for girls. For that purpose, I discuss (1) the new mode of knowledge production, (2) gender difference in school records, and (3) the approach of example-based education.

(1) Our dynamic and changing society shows a shift from the traditional mode to the new mode of knowledge production. Whereas in the former the teacher's theory and teaching practice take a central position, in the latter the students' questions are the starting-point. The new mode of knowledge production assumes informal learning to have great influence by making use of the students' experiences. In addition, the new mode should accommodate multiple intelligences, where social and emotional intelligence are more influential than within the traditional mode. These changes correspond with the way girls learn. Three educational forms take advantage of the new mode: competence-based education, project-based education and problem-based education. These three forms of the new mode are not applied in frontal class teaching. Yet, present-day practice still shows a great deal of frontal class teaching, particularly in secondary education at the junior level, where students have to choose a profile but are reluctant to take the technical one. Personally, I expect this frontal class teaching form to exist for a long time to come. I therefore believe that example-based education is the best available educational method that fully exploits the advantages of the new mode in class education practice.

(2) Gender difference in school records does not originate from a difference in cognitive ability, but from a difference in self-image with respect to the score. Girls have a lower self-image of their own capabilities than boys have. In this regard, not sex difference is the main distinction but the difference in socialisation (gender) is. In the socialisation process the difference in abstract intellectual capacity between girls and boys develops: girls give in more easily to their uncertainty while boys rather stick to the big picture.

(3) Example-based education links up with the student's uncertainty. It assumes that solid transfer of information occurs at three levels: the examples show up at the upper level, the outlines at the middle level and the facts at the lower level. The approach in example-based education relies on induction by (a) extracting the broad outline (middle level) from the example (upper level) in a plausible inductive way and (b) comparing the outlines (middle level) with examples (upper level) in an inductive way. This approach stimulates the abstract intellectual capacity. The examples originate from the student's experience in daily life which she understands. Therefore, the student experiences the maximum possible certainty.

With the support of examples, chapter 4 presents a plan of action for example-based learning. Each step in this plan is compared separately with the literature of learning psychology and didactics. Example-based learning may be used by students with many diverse learning styles, and, if necessary, adjusts to the meaning-oriented and application-oriented learning styles.

The findings based on explorative research in chapter 5 make believe that students evaluate example-based learning as an excellent learning method. The research shows the trend that an independent implementation of the plan of action of the information analysis methodology offers a stepping-stone in the learning process. Such as unravelling the concepts in one's own words and offering certainty to the students.

In chapter 6 I discuss the plan of action for example-based teaching using an example. The plan is compared with the present forms of didactics and with the competencies that appreciated teachers require in their profession. In addition, this chapter compares example-based education with one of the forms of the new mode of knowledge production, that is problem-based education. The many similarities are evident. The most notable difference between both types of education is the organisational aspect. Example-based education is applicable in a class setting. This provides the teacher with the possibility to monitor and to stimulate the level of the learning objectives. Example-based education supplies the student with a plan of action for learning how to learn independently; hence, it very well suits the young, uncertain student.

Chapter 7 presents the findings of (1) the students' evaluation of traditional class teaching, (2) the students' evaluation of example-based teaching, (3) the number of girls' spontaneous reactions during lessons in physics, and (4) the teachers' experience with example-based teaching.

(1) In traditional education girls resort to a reproductive learning style because of their uncertainty. That style implies learning facts by heart (the lower level). Boys

do not do this because they rather stick to the big picture (the middle level). Consequently, girls give traditional teaching a lower rating than boys do.

(2) The findings show that students evaluate example-based teaching significantly higher than traditional class teaching. These findings show up in both higher professional education and secondary education.

(3) The number of girls' spontaneous reactions during example-based physics lessons is more than doubled as compared with physics lessons in a traditional way of teaching.

(4) The teachers experience example-based teaching as a natural way of teaching "backward to forward". To them it requires only a minor, yet fundamental adjustment to present their lessons using the example-based method. The conversion can be accomplished in approximately five lessons. The students' spontaneous reactions as examples constitute an essential element of the lessons and are not experienced as disorders. One teacher testified that his teaching practice provided much more personal enjoyment.

Chapter 8 reveals the findings of (1) how example-based teaching connects with the way girls are learning, (2) the equalisation of the gender difference in socialisation, (3) the universal applicability, and (4) how to utilise the action plan.

(1) The findings make believe that example-based education much better links up with the way girls learn physics than the usual method of teaching.

(2) These findings are true for both girls and boys. The girls' evaluation of example-based teaching moves upward from the lower level (the facts) to the upper level (the example). The boys' evaluation of example-based teaching moves upward from the middle level (the outlines) to the upper level (the example). Thus, the evaluation of girls moves upward more than that of boys. Even so much more that the girls' lower evaluation of traditional education is fully compensated. In example-based education boys and girls eventually attain approximately an equally high rating. These findings reflect that the approach of example-based education equalises the gender difference as the result of socialisation.

Feeling uncertain is not wrong. However, example-based education is powerful in providing the student a maximum feeling of certainty by helping the student to accept feelings of uncertainty. Although girls possibly admit more to their uncertainty than boys do, boys also feel uncertain. Thus, both make progress while using example-based teaching.

(3) The original information analysis methodology is independent of the type of subject under analysis, the subject's complexity, and of the amount of information. Accordingly, the reformulation of an information analysis methodology towards example-based education may produce a learning and teaching method independent of the subject, the level of abstraction, and of the amount of information. The assumption of a universally applicable method is self-evident. Example-based teaching not only connects better with the way girls learn physics, but also appears to connect better with the way girls learn other subjects as well.

(4) Example-based learning and teaching utilise a plan of action. Therefore this method makes it possible to teach somebody to learn as well as to teach somebody to teach.

Example-based education offers a form of general didactics, applicable in a traditional frontal class setting, which connects with the way girls as well as boys learn. This finding exceeds the research objective.

Curriculum Vitae

Elise Boltjes werd geboren op 1 maart 1953 in Haarlem.

In 1971 behaalde zij haar diploma HBS-B.

In 1978 behaalde ze in Groningen het getuigschrift van de Nieuwe Lerarenopleiding Ubbo Emmius met hoofdvak wiskunde en bijvak natuurkunde. Daarna heeft ze 3½ jaar lesgegeven als leraar wis- en natuurkunde aan het Ubbo Emmius Lyceum te Stadskanaal.

Vanaf 1981 studeerde ze aan de Universiteit Utrecht experimentele natuurkunde. Tijdens haar studie heeft ze onderzoek gedaan bij de vakgroep atoom- en moleculfysica naar de bepaling van de relatieve werkzame doorsnede van een aantal ion-moleculreacties als functie van de interne energie van het reactant-ion. Bij de werkgroep hyperthermie (onderdeel van de vakgroep Radiotherapie in het Academisch Ziekenhuis Utrecht) heeft ze onderzoek gedaan naar de invloed van de counter-current flow op de temperatuurverdeling in de tumor bij verwarming door een externe warmtebron als functie van de stroomsnelheid van het bloed in en de afstand tussen de vaten. Het doctoraaldiploma natuurkunde, met bijvakken wiskunde en informatica, behaalde ze in 1988.

Vanaf 1983 was ze docent bij het Academisch Computer Centrum Universiteit Utrecht. Haar werktaak bestond uit het ontwikkelen en geven van cursussen met als hoofdonderwerp het bedrijfssysteem UNIX, de computertalen Fortran, Pascal en C. Van 1987 tot 1990 was ze daarnaast free-lance programmeur en docent informatica.

Vanaf 1990 tot heden is ze hogeschooldocent aan de opleiding Informatica van de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden (NHL). Met als hoofdonderwerpen informatieanalyse, programmeren en telematica. Dezelfde vakken werden enige jaren gegeven aan de Universiteit Twente vestiging Friesland. Tevens verzorgde ze de zomercursus intensieve natuurkunde voor de aankomende HBO-studenten met een deficiënt vakkenpakket in Friesland.

Als vrijwilliger is ze voorzitter van de Stichting Muziektheek, die aangepaste muziekinstrumenten uitleent en aanpassingen van muziekinstrumenten financiert. Ze is regionaal contactpersoon voor Noord-Nederland van de patiëntenvereniging Stichting Melanoom. Voorts geeft ze rondleidingen voor de Stichting Alde Kultuer Aldtsjerk.

Als muzikant begon ze met cellospelen toen ze startte met het onderzoek. Bij het leren cellospelen ervoer ze profijt van de methode. Thans speelt ze cello bij het Salonorkest Sinnema en het Fries Strijkkwartet.

SIKS Dissertatiereeks

- 1998-1 Johan van den Akker (CWI)
DEGIAS - An Active, Temporal Database of Autonomous Objects
- 1998-2 Floris Wieman (UM)
Information Retrieval by Graphically Browsing Meta-Information DEGIAS - An Active, Temporal Database of Autonomous Objects
- 1998-3 Ans Steuten (TUD)
A Contribution to the Linguistic Analysis of Business Conversations within the language/Action Perspective
- 1998-4 Dennis Bröder (UM)
Memory versus Search in Games
- 1998-5 E.W. Oskamp (RUL)
Computervoorbrenging bij Straffenstraf
- 1999-1 Mark Sloof (VU)
Physiology of Quality Change Modelling, Automated modelling of Quality Change of Agricultural Products
- 1999-2 Rob Potluri (EUR)
Classification using decision trees and neural nets
- 1999-3 Don Bui (UM)
The Nature of Minimax Search
- 1999-4 Jacques Penders (UM)
The practical Art of Moving Physical Objects
- 1999-5 Aldo de Moor (KUB)
Empowering Communities: A Method for the Legitimate User-Driven Specification of Network Information Systems
- 1999-6 Niek J.E. Wijngaards (VU)
Re-design of compositional systems
- 1999-7 David Spelt (UI)
Verification support for object database design
- 1999-8 Jacques H.J. Lenting (UM)
Informed Gambling: Conception and Analysis of a Multi-Agent Mechanism for Discrete Reallocation
- 2000-1 Frank Niessink (VU)
Perspectives on Improving Software Maintenance
- 2000-2 Koen Holtman (TUE)
Prototyping of CMS Storage Management
- 2000-3 Carolien M.T. Metselaar (UVA)
Sociaal-organisatorische gevolgen van kernstechnologie, een procesbenadering en actieperspectief
- 2000-4 Geert de Haan (VU)
ETAG, A Formal Model of Competence Knowledge for User Interface Design
- 2000-5 Ruud van der Pol (UM)
Knowledge-based Query Formulation in Information Retrieval
- 2000-6 Rogier van Eijk (UU)
Programming Languages for Agent Communication
- 2000-7 Niels Peek (UU)
Decision-theoretic Planning of Clinical Patient Management
- 2000-8 Vazhe Coupé (EUR)
Sensitivity Analysis of Decision-Theoretic Networks
- 2000-9 Florian Waaß (CWI)
Principles of Probabilistic Query Optimization
- 2000-10 Niels Nes (CWI)
Image Database Management System Design Considerations, Algorithms and Architecture

- 2000-11 Joris Karlsson (CWI)
Scalable Distributed Data Structures for Database Management
- 2001-1 Silja Renooij (UvA)
Qualitative Approaches to Quantifying Probabilistic Networks
- 2001-2 Koen Hindriks (UvA)
Agent Programming Languages: Programming with Mental Models
- 2001-3 Maarten van Someren (UvA)
Learning as problem solving
- 2001-4 Evgenii Smirnov (UvA)
Conjunctive and Disjunctive Version Spaces with Instance-Based Boundary Set
- 2001-5 Jansco van Oosterbruggen (VU)
Processing Structured Hypermedia: A Matter of Style
- 2001-6 Martijn van Welie (VU)
Task-based User Interface Design
- 2001-7 Bastiaan Schunke (VU)
Diva: Architectural Perspectives on Information Visualization
- 2001-8 Pascal van Elk (VU)
A Compositional Semantic Structure for Multi-Agent Systems Dynamics
- 2001-9 Pieter Jan 't Hoen (RUL)
Towards Distributed Development of Large Object-Oriented Models: Views of Packages as Classes
- 2001-10 Maarten Sterhuis (UvA)
Modeling and Simulating Work Practice: BRAHMS: a multiagent modeling and simulation language for work practice analysis and design
- 2001-11 Tim M. van Engers (UvA)
Knowledge Management: The Role of Mental Models in Business Systems Design
- 2002-01 Nico Lansing (VU)
Architecture-Level Modifiability Analysis
- 2002-02 Roelof van Zwol (UT)
Modelling and searching web-based document collections
- 2002-03 Henk Ernst Blok (UT)
Database Optimization Aspects for Information Retrieval
- 2002-04 Juan Roberto Castelo Valdoeza (UvA)
The Discrete Asyclic Digraph Markov Model in Data Mining
- 2002-05 Radu Serban (VU)
The Private Cyberspace Modeling: Electronic Environments inhabited by Privacy-concerned Agents
- 2002-06 Laurens Mommsers (UvA)
Applied legal epistemology: Building a knowledge-based ontology of the legal domain
- 2002-07 Peter Boncz (CWI)
Mimic: A Next-Generation DBMS Kernel For Query-Intensive Applications
- 2002-08 Jaap Gordijn (VU)
Value Based Requirements Engineering: Exploring Innovative E-Commerce Ideas
- 2002-09 Willems-Jan van den Heuvel (UvA)
Integrating Modern Business Applications with Objectified Legacy Systems
- 2002-10 Brian Sheppard (UM)
Towards Perfect Play of Scrabble
- 2002-11 Wouter C.A. Wijngaards (VU)
Agent Based Modelling of Dynamics: Biological and Organisational Application
- 2002-12 Albrecht Schmidt (UvA)
Processing XML in Database Systems
- 2002-13 Hongjing Wu (TUE)
A Reference Architecture for Adaptive Hypermedia Applications
- 2002-14 Wieke de Vries (UvA)
Agent Interaction: Abstract Approaches to Modelling, Programming and Verifying Multi-Agent Systems
- 2002-15 Rik Eshuis (UT)
Semantics and Verification of UML Activity Diagrams for Workflow Modelling
- 2002-16 Pieter van Langer (VU)
The Anatomy of Design: Foundations, Models and Applications

- 2002-17 Stefan Muenzfeld (UvA)
Understanding, Modeling, and Improving Main-Memory Database Performance
- 2003-01 Heiner Stockschmidt (VU)
Ontology-Based Information Sharing in Weakly Structured Environments
- 2003-02 Jan Broersen (VU)
Modal Action Logics for Reasoning About Reactive Systems
- 2003-03 Marijn Schaanse (TUD)
Human-Computer Interaction and Presence in Virtual Reality Exposure Therapy
- 2003-04 Milan Petkovic (UT)
Content-Based Video Retrieval Supported by Database Technology
- 2003-05 Jos Leuven (UvA)
Causation in Artificial Intelligence and Law - A modelling approach
- 2003-06 Boris van Schooten (UT)
Development and specification of virtual environments
- 2003-07 Machiel Jansen (UvA)
Formal Explorations of Knowledge Immersive Tasks
- 2003-08 Yongping Ran (UM)
Repair Based Scheduling
- 2003-09 Ross Kornmann (UM)
The resolution of visually guided behaviour
- 2003-10 Andreas Lincke (UvT)
Electronic Business Negotiation: Some experimental studies on the interaction between medium, innovation context and culture
- 2003-11 Simon Koller (UT)
Reasoning under Uncertainty in Natural Language Dialogue using Bayesian Networks
- 2003-12 Roeland Oudehman (UT)
Dutch speech recognition in multimedia information retrieval
- 2003-13 Jeroen Donkers (UM)
Notice Houtum - Searching with Opponent Models
- 2003-14 Siim Hoppenbrouwers (KUN)
Freezing Language: Conceptualisation Processes across ICT-Supported Organisations
- 2003-15 Mathijs de Weert (TUD)
Plan Merging in Multi-Agent Systems
- 2003-16 Menno Windhouwer (CWI)
Feature Grammar Systems - Incremental Maintenance of Indexes to Digital Media Warehouses
- 2003-17 David Jansen (UT)
Extensions of Statecharts with Probability, Time, and Stochastic Timing
- 2003-18 Levent Kocsa (UM)
Learning Search Decisions
- 2004-01 Virginia Dignum (UvA)
A Model for Organizational Interaction: Based on Agents, Founded in Logic
- 2004-02 Lai Xu (UvT)
Monitoring Multi-party Contracts for E-business
- 2004-03 Perry Groot (VU)
A Theoretical and Empirical Analysis of Approximation in Symbolic Problem Solving
- 2004-04 Chris van Aart (UvA)
Organizational Principles for Multi-Agent Architectures
- 2005-05 Viera Popova (EUR)
Knowledge discovery and maintenance
- 2004-06 Bart-Jan Hommes (TUD)
The Evaluation of Business Process Modeling Techniques

